



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Melissopalynologie eines Blütenhonigs mit Buchweizen“

verfasst von / submitted by

Marina Brunner

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

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2021 / Vienna, 2021

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

UA 190 445 299

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

Lehramtstudium UF Biologie und Umweltkunde
und UF Psychologie und Philosophie

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Dipl.-Geol. Dr. Christa Hofmann

Danksagung

Zu allererst möchte ich meiner Betreuerin, Christa Hofmann, recht herzlich für die Unterstützung danken. Solang es möglich war, unterstützte sie mich mit Hilfestellung vor Ort an der Universität. Sie erklärte mir, wie die benötigten Geräte funktionierten und zeigte mir die beste Technik für gute Pollenaufnahmen. Nachdem aufgrund der momentanen Situation auf Distance learning umgestellt wurde, war sie trotzdem immer irgendwie erreichbar.

Ein großer Dank geht auch an meine Familie. Sie hat immer an mich geglaubt und mich motiviert, wenn es nötig war. Allen voran möchte ich mich bei meinen Eltern, Roland und Angela, bedanken. Ihr habt mich seit meiner Geburt immer gefördert und unterstützt und seid immer für mich da.

DANKE!

Kurzfassung

Diese Arbeit widmet sich der Untersuchung von aufgearbeiteten Pollen aus einem Blütenhonig. Dabei wird auf die Geschichte der Palynologie, im speziellen auf die Melissopalynologie, eingegangen. Des Weiteren wird der Weg des Pollens von der Blüte in den Honig beschrieben. Dafür wird sowohl die Wechselwirkung von Pflanzen und Tieren als auch das Zusammenspiel von Tieren und Menschen erörtert. Außerdem soll geklärt werden, inwieweit man von den im Honig aufgefundenen Pollen auf die Umgebung eines Bienenvolkes schließen kann. Deshalb wurden die Pollenkörner mit Hilfe des Azetolyse-Verfahrens aus dem Honig extrahiert und anschließend für lichtmikroskopische und rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen präpariert. Nach einer umfangreichen Untersuchung und Bestimmung der Pollenkörner konnte folgender Schluss gezogen werden: Aufgrund der im Honig enthaltenen Pollen ist es möglich die im Umfeld des Bienenstockes blühende Flora zu bestimmen.

Abstract

This thesis deals with the study of processed pollen from blossom honey. The history of palynology, in particular melissopalynology, is discussed. Furthermore, the path of the pollen from the flower to the honey is described. For this purpose, the interaction of plants and animals as well as the interaction of animals and humans are discussed. In addition, it is explained to what extent it is possible to infer the environment of a bee colony based on the pollen found in the honey. Therefore, pollen grains were extracted from honey using the acetolysis method and then they were prepared for light microscopic and electron microscopic pictures. After an extensive investigation und determination of the pollen grains, the following conclusion could be drawn: Based on the pollen contained in the honey, it is possible to determine the flora blooming around the beehive.

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Palynologie	1
1.1.1	Melissopalynologie	2
1.2	Pollen.....	2
1.2.1	Geschichte.....	3
1.2.2	Entwicklung	6
1.2.3	Ausbreitungsmöglichkeiten	8
1.2.4	Aufbau der Pollenwand.....	8
1.2.5	Aperturen (Keimöffnungen)	9
1.3	Honigbienen.....	12
1.3.1	Arbeiterinnen	14
1.3.2	Königin	16
1.3.3	Bildung eines 2. Volkes	16
1.3.4	Drohnen.....	17
1.4	Honigproduktion – Imker bzw. Imkerin	18
1.5	Honig	20
2	Methode und Materialien:	20
2.1	Azetolyse-Verfahren.....	21
2.2	Untersuchung im Lichtmikroskop	22
2.3	Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen.....	24
3	Analyse & Interpretation.....	25
3.1	Pollenverteilung.....	25
3.1.1	<i>Brassica napus</i> (Raps).....	27
3.1.2	<i>Crataegus sp.</i> (Weißdorn).....	28
3.1.3	<i>Prunus sp.</i> (Kirsche)	29
3.1.4	<i>Aesculus hippocastanum</i> (Rosskastanie).....	29
3.1.5	<i>Asteraceae</i> n (Korbblütler).....	30
3.1.6	<i>Rosaceae</i> n (Rosengewächse)	32
3.1.7	<i>Fragaria ananassa</i> (Garten-Erdbeere).....	32
3.1.8	<i>Cornus mas</i> (Kornelkirsche)	33
3.1.9	<i>Tilia cordata</i> (Winterlinde)	33
3.1.10	<i>Quercus robur</i> (Stieleiche)	34
3.1.11	<i>Fagopyrum esculentum</i> (Buchweizen)	35
3.1.12	<i>Cotinus coggygria</i> (Gewöhnlicher Perückenstrauch)	36

3.1.13	<i>Ranunculus ficaria</i> (Scharbockskraut).....	36
3.1.14	<i>Salvia pratensis</i> (Wiesensalbei)	37
3.1.15	<i>Pinus sp.</i> (Kiefer).....	38
3.1.16	<i>Juglans regia</i> (Echte Walnuss).....	39
3.1.17	<i>Corydalis cava</i> (Hohler Lerchensporn)	39
3.1.18	Übersicht.....	40
4	Conclusio	42
5	Quellen.....	43
5.1	Literatur	43
5.2	Internetquellen	45
6	Abbildungsverzeichnis	47
7	Tafeln.....	48

1 Einleitung

1.1 Palynologie

Palynologie setzt sich aus den griechischen Wörtern „pale“ (Staub) und „logos“ (Lehre, Kunde) zusammen. Es ist der wissenschaftliche Ausdruck für die Pollenanalyse. Palynologen bzw. Palynologinnen sind im Allgemeinen, Forscher, die sich mit der Pollen- und Sporenkunde beschäftigen. Palynologie ist nicht von anderen Disziplinen der Naturwissenschaften zu trennen. Sie „erforscht die Vielfalt und den anatomischen Aufbau sowie die Entstehungsprinzipien und Übertragungsmechanismen von Pollen“ (Hesse, Ulrich, 2012, S.3). Dadurch ergibt sich eine Vielzahl von Anwendungsgebieten. Zieht man die Definition von Klaus heran, können schon viele Anwendungsbereiche erahnt werden: „Unter Palynologie versteht man die Wissenschaft von der lebenden und fossilen Sporen- und Pollengeneration der Pflanzen in Grundlagenforschung und Anwendungsbereichen“ (Klaus, 1987, S.195). So werden nicht nur rezente Pollen von zurzeit lebenden Organismen untersucht, sondern auch Pollen, welche mehrere Millionen Jahre alt sind. Deren Analyse wird zum Beispiel in der Archäologie benutzt, um die Geschichte der Pflanzenwelt und des Klimas an einem bestimmten Fundort nachzubilden, indem die gefundenen Sporen und Pollen in Sedimenten und Torfschichten untersucht werden. Sie wird aber auch in akuten Situationen angewandt. Die forensische Palynologie macht sich die Widerstandsfähigkeit der Pollen zu nutzen. Selbst nach 13 Waschgängen haften noch genug Pollen an Kleidungsstücken, um ein Pollenprofil zu erstellen, anhand dessen Aufenthaltsorte von Personen nachvollzogen werden können. Auch an Haaren und Haut bleiben Pollen haften, was aufgrund ihrer Größe unbemerkt bleibt. So konnte die forensische Palynologie schon zu einigen Aufklärungen von Kriminalfällen führen, weshalb es eine wachsende Wissenschaft ist. Es gibt noch viele weitere Gebiete der Wissenschaft, in der Palynologie Verwendung findet. Hierzu zählen unter anderen die Medizin bzw. Pharmakologie, vor allem in Bezug auf Allergien, die Botanik, die

Geologie und Zoologie. (vgl. Weber 2012, Gastbeitrag) Des Weiteren macht sich die Lebensmittelindustrie die Pollenanalyse zu nutzen, was im folgenden Kapitel erläutert wird.

1.1.1 Melissopalynologie

Melissopalynologie ist ein weiteres aktuelles Beispiel der Anwendungsvielfalt der Pollenanalyse. Darunter wird die Studie der Pollen in Honig verstanden. In der Literatur wird sie auch als Melittopalynologie angeführt. Sie beschäftigt sich sowohl mit der geographischen als auch der botanischen Herkunft von Honig. „Die geographische und botanische Herkunftsbestimmung beruht auf der qualitativen Bestimmung und Auszählung der im Honigsediment enthaltenen Pollenkörner. [...] Dabei wird anhand der Pollenarten und der Mengenverhältnisse der verschiedenen Pollenkörner im Honigsediment die Herkunft des Honigs bestimmt“ (Héritier S. 125, 2016). Es kann festgestellt werden, ob das, was auf dem Etikett eines Honigs angeführt wird, auch zutrifft. Es wird untersucht, ob ein als sortenrein bezeichneter Honig, auch tatsächlich sortenrein ist. Ob er aus dem Land stammt, aus welchen er laut Angaben herkommen soll und welche Pflanzen es in dem Herkunftsgebiet des Honigs gibt. Für die ersten beiden angeführten Untersuchungshintergründe gibt es vorgeschriebene Gesetze. Außerdem kann der Honigproduktionszeitraum festgestellt werden, da er an die Blütezeit der entsprechenden Pflanzen gebunden ist.

1.2 Pollen

Der Ausdruck „Pollen“ ist jeden Menschen ein Begriff. Zumindest im Zusammenhang mit Allergien. Ob es nun Gräserpollen oder Baumpollen sind, die Begrifflichkeit wird mit Allergikern in Verbindung gebracht. Wird das Wort „Pollen“ in Suchmaschinen eingegeben, sind die ersten Lösungsvorschläge zurzeit Pollenwarndienste, Allergiezentren, Aufzeichnung von Pollenflügen und Pollenbelastungen. Dadurch wird zwar eine Verknüpfung zwischen Pollen und Pflanzen hergestellt und eventuell

ein Zusammenhang zu unterschiedlichen Blühzeiten jedoch was genau ein Pollen ist und welche Funktion er hat, ist vielen unklar. Im Laufe des folgenden Kapitels sollen solche Unklarheiten bereinigt werden.

1.2.1 Geschichte

Die Beschäftigung mit Pollen in der Wissenschaft begann mit Nehemiah Grew, einem englischen Arzt und Botaniker, welcher in seinem Werk „The Anatomoy of Plants“ im Jahr 1662 das Vorhandensein des Staubblattes, also der männlichen Gameten, in Pollen beschrieb. Außerdem fertigte er als erster Zeichnungen von Pollen an und erstellte sogenannte Tafeln. (vgl. Halbritter et al 2018) Während seiner Untersuchungen stellte er Unterschiede in Aussehen und Größe fest „und gelangte zu den ersten wichtigen Feststellungen, dass alle Pollenkörner einer Art ähnlich ausgebildet seien“ (Klaus 1987, S.196).

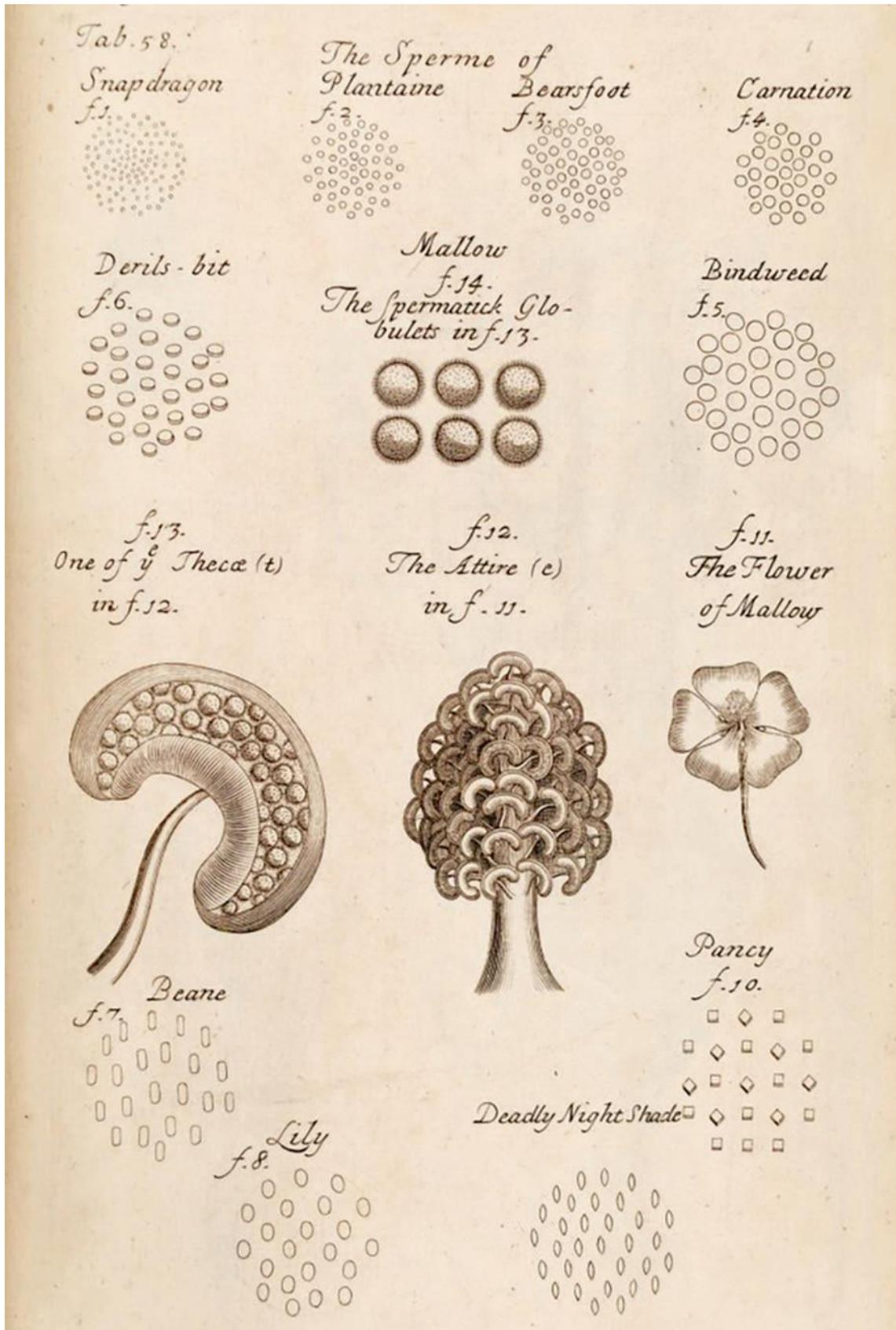


Abbildung 1 - Erste Pollenzeichnungen von Nehemiah Grew

Kurz danach stellte Marcello Malpighi 1675 in „Anatomia Plantarum“ ebenfalls unterschiedliche Größen und Farben des Pollenkorns fest und entdeckte die Keimfurche am Pollen. Zehn Jahre zuvor veröffentlichte Robert Hooke seine Forschungen zu einem Mikroskop mit bereits hundertfacher Vergrößerung. Aufgrund dessen, Malpighi das Pollenkorn viel genauer betrachten konnte. Kurz danach erkannte Rudolf Jacob Camerarius die Notwendigkeit beider Geschlechter für Pflanzen, um sich fortpflanzen zu können. Er beschrieb männliche, weibliche und zweigeschlechtliche Blütenanteile bzw. Blüten und erkannte die Funktion von Pollen. Das dieser, für die Bestäubung der Blüte verantwortlich ist und damit für die Befruchtung der Samenanlage, hat er mehrmals experimentell bewiesen. Des Weiteren beschrieb er eine mögliche Verbreitungsform der Pollen durch den Wind. Carl von Linné führte eine Klassifikation der Blütenpflanzen aufgrund der Beschaffenheit der sexuellen Fortpflanzungsorgane ein und illustrierte die Befruchtung des Stempels durch den Pollenstaub. 1761 baute Johann Gottlieb Kölreuter diese Theorie weiter aus, indem er die Durchmischung der Pollen- bzw. Stempelflüssigkeit für eine Fortpflanzung voraussetzte. Ferner entdeckte er eine weitere Möglichkeit der Pollenbewegung, nämlich die Verbreitung durch Tiere. Genauer beschäftigte sich Christian Konrad Sprengel mit der Tierbestäubung. In seinem Buch „Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen“ (1793) legte er die unterschiedliche Attraktivität von Blütenformen für Insekten dar (vgl. Drucker, Knox S.401ff). Die Beteiligung des Pollens bei der Fortpflanzung, dessen unterschiedliches Vorkommen in Größe und Form und seine Verbreitung durch Wind oder Tiere wurden also bereits im 18. Jahrhundert erkannt.

Durch das Aufkommen neuer und besserer Mikroskope im 19. Jahrhundert wurden große Fortschritte bei der Erkenntnis des Aufbaus und Aussehens von Pollenkörnern erzielt. Carl Julius Fritzsche führte die Benennung der unterschiedlichen Wandschichten in „Intine“, „Zwischenkörper“ und „Exine“ ein (vgl. Halbritter et al. S.6) und kennzeichnete letzteres als immens

widerstandsfähig, durch das Vorhandensein von Sporopollenin (vgl. Hesse, Ulrich, S. 4).

Hugo von Mohl beschäftigte sich zur selben Zeit ebenfalls mit den unterschiedlichen Schichten der Pollenwand und dem genauen Aussehen der äußeren Schicht. In seinem Werk „Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse“ (1834) beschrieb er diese als „Zellige äu[ß]ere Membran“ (S. 15). Diese Zellen ähneln den Zellen der Epidermis, mit einer halbwegs regelmäßigen 5-, 6- oder 7-eckigen Form. Ihre Größe war für ihn noch von wenig Bedeutung, da diese nicht bei allen Körnern zu erkennen war. Bei manchen Pflanzen lässt sich eine zellige Oberfläche nur vermuten und eine Zusammensetzung von vielen kleinen Zellen, erscheinen dann als Haut, welche mit größeren Körnern besetzt ist (vgl. S.16). Diese und weitere Beobachtungen machten ihn zum Begründer des ersten morphologischen Systems für Pollenkörner.

Spätestens seit Ende des 19. Jahrhunderts ist die Pollenmorphologie bei der Systematik von Pflanzen nicht mehr weg zu denken und seit dem Werk „Die natürlichen Pflanzenfamilien“ von Adolph Engler und Karl Prantl im Jahr 1893 fester Bestandteil. Die ersten mikroskopische Aufnahmen folgten zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Ein halbes Jahrhundert später, brachte Gunnar Erdtmann einen weltweiten Überblick über die Pollen- und Sporenmorphologie heraus, welche Abbildungen, genaue Charakterisierungen und sowohl mikroskopische als auch die ersten elektronenmikroskopische Fotos enthielt. (vgl. Hesse, Ulrich, 2012, S. 4)

1.2.2 Entwicklung

Um die Funktion von Pollen besser verstehen zu können, möchte ich zuvor auf dessen Entstehung eingehen. Eine notwendige Voraussetzung dafür, war die Landkolonisierung. Die Besiedlung von Pflanzen an Land wird zurzeit dem Silur, vor ungefähr 440 Millionen Jahren, zugeschrieben. Um außerhalb des Wassers überleben zu können mussten einige Veränderungen vorgenommen werden, da das Festland, eine völlig neue Umgebung mit

anderen chemischen und klimatischen Gegebenheiten bot. Eine wichtige Erneuerung und Anpassung hierzu, war die Fortpflanzung durch Sporen. Die erste Landpflanze, welche durch den Fund von Sporen nachgewiesen werden konnte, war *Cooksonia*. Diese Gattung wurde erstmals in Ablagerungen des mittleren Silurs in Wales entdeckt und in „The earliest vascular land plants: continuing the search for proof“ von Edwards et al. (1979) beschrieben. Danach folgten weitere weltweit verbreitete Funde. *Cooksonia* war eine fossile Pflanzengattung mit Achsen mit dichotomer Verzweigung an deren Ende die Sporangien saßen. Die dort enthaltenen Sporen waren durch eine sehr stabile Sporenwand gekennzeichnet.



Abbildung 2 - *Cooksonia paranensis* from the Early Devonian of the Paraná Basin (Brazil)

Sowohl die Wand eines Pollenkorns als auch die einer Spore, werden in der Botanik als Sporoderm gekennzeichnet. Aufgrund ihres Aufbaus, welcher hauptsächlich aus hochpolymeren Estern von Fettsäuren oder Carotinoiden beruht, können diese Sporodermen unter Luftabschluss in bestimmten Ablagerungen, wie zum Beispiel in Torfen, über Millionen von Jahren erhalten bleiben. (vgl. Straka 1973, S. 143)

Die Gemeinsamkeiten von Sporen und Pollen beruht aber auf keinem Zufall, denn „das Pollenkorn ist das Produkt einer komplizierten stammesgeschichtlichen Entwicklung“, welches sich im Laufe der Evolution aus der Spore entwickelt hat. (Straka 1973, S.143)

Ein Pollenkorn ist eine Mikrospore „mit de[m] reduzierten männlichen Gametophyten als Inhalt“ (Klaus 1987, S. 199). Anders als die Spore keimt ein Pollenkorn erst auf einer weiblichen Blüte mit Hilfe eines Keimschlauches. Dafür werden Öffnungen in der sonst undurchdringlichen Sporenwand benötigt. (vgl. Klaus 1987, S. 199) Solche Keimstellen werden in späteren Kapiteln genauer beschrieben.

1.2.3 Ausbreitungsmöglichkeiten

Bei den ursprünglichen Landpflanzen wurden Pollen nur durch Wind verbreitet, heute gibt es weitere Medien und speziell entwickelte Mechanismen zur Pollenverbreitung.

Grundsätzlich wird heutzutage zwischen Wasser-, Wind- und Tierausbreitung unterschieden: Anemochorie, Hydrochorie und Zoochorie (vgl. Leins, Erbar 2008, S. 273). Während Nadelbäume vor allem auf Luft für ihre Fortpflanzung setzen, haben sich Blumen in ihrem Bau auf Wechselwirkung mit Tieren spezialisiert (vgl. Bertsch 1975, S. 10f). Ein speziell entwickelter Mechanismus für eine Tierbestäubung wird in Kapitel 3.1.14 beschrieben.

1.2.4 Aufbau der Pollenwand

Ein Pollenkorn kann grundlegend in drei Teile gegliedert werden: In einen lebenden Zellinhalt, eine innere Zellwandschicht, der Intine und der äußeren Zellwand, der Exine. Die Intine liegt direkt über dem Plasmahalt auf und lässt sich selten genau strukturieren. Da sie nicht widerstandsfähig gegenüber Chemikalien ist, löst sie sich, ebenso wie der Zellinhalt, bei der Pollenpräparation auf. Das was nach einer Acetolyse übrig bleibt ist die Exine. (vgl. Klaus 1987, S. 212)

Innerhalb der Exine ist eine deutliche Strukturierung erkennbar. Das äußere Tectum wird von säulenähnlichen Gebilden, den Columellae, getragen. Darunter liegt die Nexine, welche wieder direkt an die Endexine anschließt.

Der Hauptbestandteil der Exine wird aus Sporopollenin gebildet, „ein stabiles, ungemein widerstandsfähiges natürliches Biopolymer [...]“ (Hesse, Ulrich 2012, S. 3).

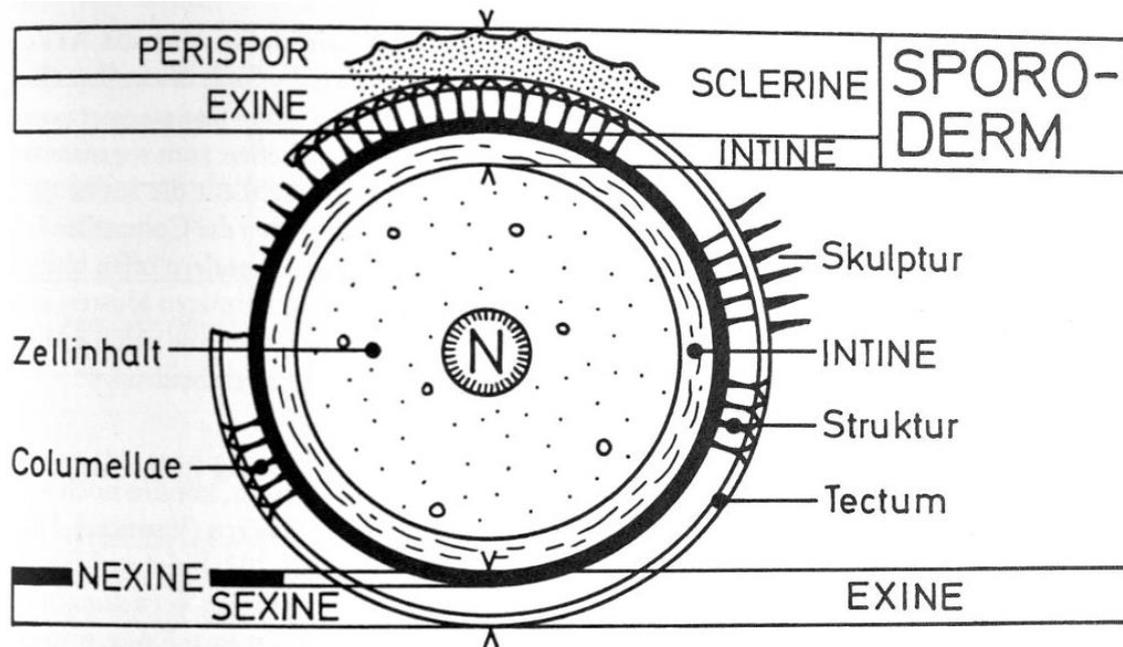


Abbildung 3 - Aufbau eines Pollenkorns

Aufgrund der Beschaffenheit der Oberfläche der Exine, kann auf einiges rückgeschlossen werden. Es kann das vollständige Fehlen von Formelementen aufscheinen. Die Exine kann aber auch differente Vertiefungen in unterschiedlichen Abständen besitzen. Außerdem gibt es unterschiedliche Skulpturierungen, aufgrund dessen eine Zuordnung der Pollenklasse möglich ist. Solche Skulpturelemente können verschiedene Größen haben, zugespitzt oder abgerundet, netzartig verteilt, parallel oder unregelmäßig angeordnet sein. (vgl. Beug 2015, S. 36ff)

1.2.5 Aperturen (Keimöffnungen)

Ein weiteres wichtiges Bestimmungsmerkmal der Pollenkörner sind ihre Keimöffnungen. Darunter versteht man fehlende Stellen in der Exine aus denen bei der Befruchtung der Pollenschlauch wächst. Je nach Anzahl, Form und Lage der Aperturen werden unterschiedliche Gruppierungen

vorgenommen. Die Anzahl der Aperturen werden mit den Vorsilben *mono-*, *di-*, *tri-*, *tetra-*, *penta-*, *hexa-* und *poly-* gekennzeichnet. Danach folgt die Bezeichnung der Form der Öffnung. Poren werden *-porat* und Spalten werden *-colpat* genannt. Taucht eine Kombination von beiden auf einem Pollenkorn auf, so wird dies als „*colporat*“ bezeichnet. Gibt es mehr als drei Aperturen am Pollenkorn werden anhand der Lage andere Vorsilben benutzt. Liegen sie am Rand bzw. am Äquator wird die Vorsilbe *stephano-* benutzt. Sind die Keimöffnungen gleichmäßig über die gesamte Oberfläche verstreut, heißt dies *periporat* bzw. *pericolpat*. (vgl. Universität Bern 2002, online 10.04.2020)

Für ein besseres Verständnis wurden Illustrationen (Abb. 4 – 19) der Webseite der Fakultät für Pflanzenwissenschaften der Universität Bern entnommen und darunter mit einer Erläuterung (wenn nicht anders angegeben) aus „Illustrated Pollen Terminology“ von Halbritter et al (2018) ergänzt. Bei den Illustrationen zeigt die linke Zeichnung die Betrachtung des Pollenkorns von oben und rechts daneben wird von der Seite aus betrachtet.



Abbildung 4 - *monocolpat*



Abbildung 5 – *monoporat*

Gibt es auf dem Pollenkorn eine einzige längliche Keimstelle wird dies als *monocolpat* (Abb. 4) bezeichnet. Laut Halbritter et al. (2018) ist dies allerdings ein überflüssiger Begriff, da bei allen Pollen mit nur einer langgestreckten Keimöffnung, diese nicht äquatorial, sondern distal angelegt ist und man dies dann als *sulcat* bezeichnet. Ebenso ist es bei nur einer Pore, weshalb dies dann statt *monoporat* (Abb. 5) *ulcerat* benannt wird. (vgl. S. 444)



Abbildung 6 - dicolpat

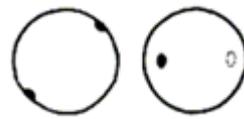


Abbildung 7 - diporat

Bei zwei länglichen Aperturen wird es *dicolpat* (Abb. 6) und bei zwei Poren auf einem Korn *diporat* (Abb. 7) genannt (S. 225, S. 263).

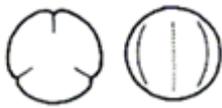


Abbildung 8 - tricolpat

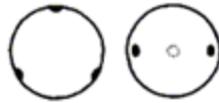


Abbildung 9 - triporat

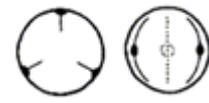


Abbildung 10 - tricolporat

Pollenkörner mit 3 Aperturen werden, wenn sie länglich sind als *tricolpat* (Abb. 8), wenn sie porenförmig sind als *triporat* (Abb. 9) bezeichnet. Befinden sich die Poren an den Falten, so sind die Pollen *tricolporat* (Abb. 10). (vgl. S.226, 264, 234)

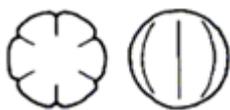


Abbildung 11 - stephanocolpat

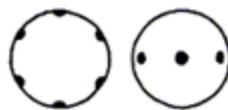


Abbildung 12 - stephanoporat

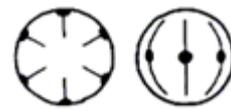


Abbildung 13 - stephanocolporat

Der Begriff *stephanocolpat* (Abb. 11) setzt langgezogene Keimöffnungen an der Äquatorialebene voraus. Bei *stephanoporaten* (Abb. 12) Pollen sind sie rund und ebenfalls äquatorial und *stephanocolporat* (Abb. 13) ist eine Kombination aus beiden. Diese Bezeichnungen werden bei mehr als 3, hauptsächlich bei 6 oder mehr Aperturen benutzt. (S. 231, 268, 279)

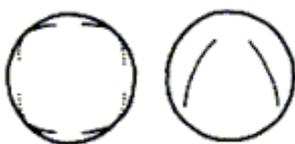


Abbildung 14 - pericolpat



Abbildung 15 - periporat

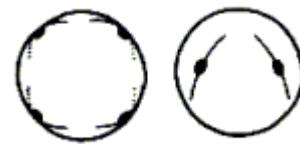


Abbildung 16 - pericolpat

Wenn mehr als drei Keimfalten oder Keimporen über die gesamte Oberfläche des Pollenkorns verteilt sind, werden sie als *pericolpat* (Abb. 14) bzw. *periporat* (Abb. 15) beschrieben. Eine Durchmischung der letzten beiden erwähnten Formen heißt *pericolporat* (Abb. 16). (vgl. Beug 2015, S. 41)

Es gibt aber noch weitere Formen der Häufigkeit bzw. Verteilung von Aperturen.

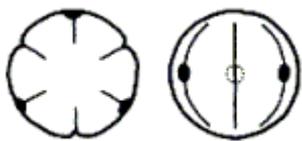


Abbildung 17 - Heterocolpat



Abbildung 18 - fenestrat

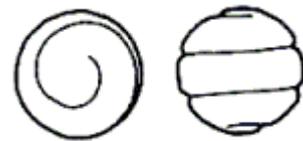


Abbildung 19 - syncolpat

Heterocolpate Pollen zeichnen sich dadurch aus, dass nur jeder zweite Colpen eine Pore besitzt (Abb. 17). Haben die Pollenkörner rundliche oder eckige Bereiche, in denen die Exine fehlt und von Rippen umgeben sind folgt die Bezeichnung *fenestrat* (Abb. 18). *Syncolpat* (Abb. 19) bedeutet, dass die Colpen polar miteinander in Verbindung stehen oder als Schrauben bzw. Ringe ausgebildet sind. (vgl. Beug 2015, S. 41, 39, 32)

1.3 Honigbienen

Die gemeinsame Geschichte von Menschen und Honigbienen begann vor mehreren tausend Jahren. Der früheste Nachweis ist eine 6000 – 12.000 Jahre alte Höhlenmalerei in den Cuevas de la Araña in der Nähe von Valencia in Spanien, auf der ein Honigjäger bzw. eine Honigjägerin abgebildet ist, welcher bzw. welche mit einer Hand in ein Bienennest greift und in der anderen Hand ein Sammelgefäß hält. Ungefähr zu dieser Zeit begannen neolithische Bauern mit der Domestizierung der Honigbienen.

Um 2000 v. Chr. gab es in Ägypten eine hoch entwickelte Bienenhaltung und in späterer Folge auch Bienenzüchtung, also eine gezielte Kreuzung von Bienen mit gewünschtem Genpool. Außerdem besteht eine mögliche Verbindung der Mumifizierung von Menschen und dem Verhalten eines Bienenvolks in einem Bienenstock. Gibt es im Stock einen Eindringling, zum Beispiel eine Maus, wird diese durch mehrere Stiche getötet. Würde die tote Maus an Ort und Stelle zu verwesen beginnen, würde dies ein Gesundheitsrisiko für das gesamte Bienenvolk bedeuten. Jedoch ist auch kein Abtransport des Kadavers möglich, da dieser zu schwer für die Bienen ist. Deswegen wird dieser mit einer luftdichten Schicht aus Wachs und Propolis überzogen, um eine Verwesung zu verhindern. Es besteht die Möglichkeit, dass ägyptische Imker solche Beobachtungen dazu führten, über eine ähnliche Konservierung von Menschenleichen nachzudenken. (vgl. Tautz, 2019, S.1f)

In der Gegenwart sind Honigbienen die wichtigsten Blütenbestäuberinnen in nahezu allen Gebieten der Welt. Obwohl sie nicht die einzigen Insekten sind, welche Blüten bestäuben, so bestäuben sie doch am effektivsten. Die meisten Blütenpflanzen leben von Zoogamie. Weltweit werden rund 80 % aller Blütenpflanzen von Insekten bestäubt und darunter 85 % von Honigbienen. Das macht insgesamt eine Artenvielfalt von 170.000 Arten aus, wobei etwa 40.000 davon ohne eine Honigbienenbestäubung aussterben würden. All diese Spezies werden auf der ganzen Erde von nur neun Honigbienenarten befliegen. In Afrika und Europa erledigt nur eine einzige Art diese Aufgabe, die westliche Honigbiene oder auch *Apis mellifera* genannt. (vgl. Tautz, 2019, S.5)

Honigbienen sind soziale Insekten. Sie leben nicht allein, sondern bilden einen Bienenstaat. Innerhalb dieses Staates leben im Frühsommer rund 50.000 Bienen, darunter eine Königin, Arbeiterinnen und Drohen. (vgl. beecareful (2020) Online). In einem Bienenvolk herrscht eine klare Aufgabenaufteilung, welche folgend dargelegt wird.

1.3.1 Arbeiterinnen

Arbeiterinnen entwickeln sich aus einer befruchteten Eizelle. Nach einer Entwicklungsdauer von 21 Tagen, schlüpft eine unfruchtbare, mit einem Giftstachel ausgestattete Arbeiterin. (vgl. beecareful (2020) Online) Danach macht jede Arbeiterin folgenden Lebenszyklus durch:

Die ersten 18 Tage verbringt die Arbeiterin vollständig im inneren des Stockes. An den ersten 3 Tagen putzt sie leere Waben. Diese müssen nämlich für die nächste Eiablage vorbereitet werden. Mithilfe eines Sekrets, welches aus Drüsen ihrer Mundwerkzeuge stammt, wird der Putzvorgang bewerkstelligt. (vgl. Tautz, Steen, 2019, S. 48f)

Am 4. Tag wird sie entweder zur Ammenbiene, wobei sie Larven mit Nahrung und Wärme versorgt oder sie wird Teil des Hofstaates, der die Königin umsorgt. Nach weiteren 6 Tagen wird sie zur Baubiene. Dann besteht ihre Aufgabe darin, neue Wabenzellen zu bauen. Dies gelingt ihr durch ausschwitzen von „Wachsziegel“ aufgrund spezieller Drüsen im Hinterleib. Durch das Bauen immer neuer Wabenzellen, wandert die Biene immer näher Richtung Ausgang des Stockes. Dort angekommen teilt sich der Aufgabenbereich wieder in zwei Sektoren. Entweder sie wird zur Abnehmerbiene, wobei sie den Pollen und Nektar der Sammelbienen verstaut oder sie wird zur Fächerbiene. Genauso wie Ammenbienen besondere Flügelschläge zur Wärmeerzeugung nutzen, verwenden Fächerbienen gemeinsame Flügelbewegungen am Eingangsbereich des Stockes, um diesen bei zu großer Hitze zu kühlen. Vom 19. bis 21. Tag verweilt sie dauerhaft vor dem Stockeingang als Wächterbiene und beschützt ihr Volk vor fremden Bienen, Hornissen oder Wespen. Die 2. und letzte Lebenshälfte verbringen die Arbeiterinnen schließlich als Sammelbienen. Nach 6 Wochen ist der Lebenszyklus der Arbeitsbiene vorbei und sie sterben. Die einzige Ausnahme bildet nur ein kleiner Teil von Arbeiterinnen, die den Winter überdauern um im Frühjahr wieder als Sammelbienen starten. (vgl. Tautz, 2019, S. 13f)

Winterbienen haben anders als Sommerbienen eine viel höhere Lebenserwartung. Sie sind den ganzen Winter hindurch für das Überleben

ihres Volkes verantwortlich. Das ergibt einen Zeitraum von sechs bis sieben Monaten. Um einen so langen Zeitraum überdauern zu können, muss sowohl das Honig- als auch das Pollenlager vollgefüllt sein. Denn spätestens ab Dezember blühen keine Pflanzen mehr und fliegen ist aufgrund der Kälte äußerst schwierig bis unmöglich für die Bienenflügel. Eine Biene kann eine Temperatur unter 4 Grad Celsius nicht überleben. Deshalb bilden Bienen in ihrem Stock so genannte Bienentrauben. Sie rücken eng aneinander und beginnen mit ihrer Flügelmuskulatur Wärme zu erzeugen. Die Flügel werden zuvor ausgeklinkt und nur die Muskulatur bewegt. So halten sich die Arbeiterinnen gegenseitig und die Königin warm. Dabei sind sie ständig in Bewegung, denn am äußeren Rand der Traube ist es viel kälter als im Inneren. Sobald eine Biene am Rand angelangt ist, begibt sie sich wieder in die Mitte und schiebt die anderen dadurch ein Stückchen weiter nach außen. Dieser Kreislauf wird so lange aufrecht erhalten bis die Außentemperatur es wieder ermöglicht zu fliegen. Steigt die Temperatur über 15 Grad Celsius, beginnt die Königin wieder mit ihrer Eiablage. Nach 3 Tagen schlüpfen die ersten Larven des neuen Jahres und die Winterbienen beginnen ihren Job als Ammenbiene. Um die Larven versorgen zu können, haben sich die Winterbienen bereits im Herbst einen Vorrat angefressen. Bald ist die nächste Generation des Volkes herangewachsen, was zeitgleich das Ende für die Wintergeneration bedeutet. (vgl. Tautz, Steen, 2019, S. 41f, 44ff) Die Saison der Sommerbiene hat wieder begonnen und damit wieder ein sechswöchiger Lebenszyklus.

Sammelbienen sorgen für die Ernährung ihres ganzen Bienenstaates. Im Gegensatz zu den Wespen, welche nahezu alle räuberisch leben, ernähren sich Bienen vegetarisch. Um ihren Energiebedarf decken zu können, sammeln sie kalorienreichen Nektar und proteinreiche Pollen. Diese Produkte beziehen Bienen durch Blütenpflanzen. Seit der Entstehung beider Spezies hat sich im Laufe der Evolution eine Koexistenz zwischen ihnen entwickelt. Blütenpflanzen produzieren Nektar, mit dem sie Bienen anlocken. Durch das behaarte Fell der Bienen, an dem unzählige Pollen beim

Besuch einer Blüte haften bleiben, wird die Fortpflanzung vieler Blütenpflanzen gewährleistet. (vgl. Seeley, 2015, S. 30f)

1.3.2 Königin

Eine Königin weist mit drei bis fünf Lebensjahren die längste Lebensdauer unter den Honigbienen auf. Sie entsteht aus einem anfänglich gewöhnlich befruchtetem Ei, aus dem eine Arbeiterin werden würde. Da das Ei aber in eine spezielle Zelle, die sogenannte Weiselzelle, gelegt wird, bekommt, die nach nur 3 Tagen schlüpfende Larve eine besondere Nahrung. Die heranwachsende Larve wird mit einem speziellen Futtersaft, von den Imkern auch Gelée Royale genannt, gefüttert. Dieses besondere Futter und eine viel höhere Fütterungsfrequenz lassen nun eine Königin heranwachsen. Nach 16 Tagen ist die Königin voll entwickelt und ist mit einem Gewicht von etwa 200 Milligramm und einer Größe von 18 bis 22 Millimetern auffallend schwerer und größer als eine Arbeiterin. Ihre Aufgabe im Bienenstaat besteht in der Fortpflanzung ihrer Art. Dafür verlässt sie kurzzeitig das Nest, um sich mit mehreren Drohnen eines anderen Stockes zu paaren. Während des sogenannten Hochzeitsfluges nimmt sie bis zu sechs Millionen Spermazellen in ihre Samenvorratsblase im Hinterleib auf. Mit dieser natürlichen Samenbank kann sie ihr ganzes Leben lang und bis zu 200.000 Eier pro Jahr befruchten. Anhand eines Pheromongemisches, welches die Königin produziert, erkennen die Hofstaatbienen den Gesundheitszustand ihrer Königin. Nimmt ihre Fruchtbarkeit ab, wird dieser Duft schwächer und ihr Volk wird sie durch eine neue Königin ersetzen. Deshalb verlässt sie mit der Hälfte des Volkes den Stock und muss sich ein neues Zuhause suchen. (vgl. Tautz, 2019, S. 103, 113, 130)

1.3.3 Bildung eines 2. Volkes

Die Bildung eines neuen Bienenstaates kann aufgrund von zwei Situationen hervorgerufen werden. Die erste Möglichkeit, ist wie oben erwähnt, die Abnahme der Fruchtbarkeit der Königin aufgrund ihres Alters. Ein weiterer

Grund, weshalb die Königin weniger Eier legt ist, das Fehlen von Platz. Läuft für die Bienen in der Hochsaison alles optimal, sind alle Wabenzellen entweder mit Larven, Honig oder Pollen gefüllt. Gibt es keine Möglichkeit den Bienenstock zu erweitern, verringern die Hofstaatbienen die Fütterungseinheiten ihrer Königin. Aufgrund dessen werden neue Weiselzellen gebaut, welche nach der Eiablage durch die Königin, acht Tage später verdeckelt werden. Dies ist der Zeitpunkt für die alte Königin mit ungefähr der Hälfte ihres Volkes ihren Bienenstaat zu verlassen, um einen neuen zu gründen. Das andere Volk, bleibt bis die Prinzessinnen schlüpfen und fruchtbar werden, ohne Königin zurück. Manchmal kommt es vor, dass die erste geschlüpfte Prinzessin mit einem weiteren Teil des Volkes, das Weite sucht, um ebenfalls einen eigenen Bienenstaat zu errichten. Da es immer nur eine Königin in einem Nest geben kann, bringen sich die verbliebenen Prinzessinnen gegenseitig um. Entweder werden die Weiselzellen aufgebissen und die noch nicht fertig entwickelten Königinnen mit dem Stachel erstochen oder es kommt bei zeitgleich geschlüpfen Thronfolgerinnen zum Kampf bis auf Leben und Tod. Nach wenigen Tagen ist die neue Jungkönigin fruchtbar und kann sich beim Hochzeitsflug begatten lassen und so wieder für ein Wachstum des Stockes sorgen. (vgl. Tautz, Steen, 2019. S. 166ff, 178f)

1.3.4 Drohnen

Damit eine solches Wachstum aber überhaupt zu Stande kommen kann, werden männliche Bienen, sogenannte Drohnen, benötigt. Dessen einzige Funktion darin besteht, sich mit einer Königin eines anderen Bienenvolkes zu paaren, um die Durchmischung des Erbguts gewährleisten zu können. Pro Jahr werden einige tausend Drohnen produziert, wobei nur ein geringer Prozentsatz einen Paarungsakt vollzieht, durch dessen Folge sie sterben. Die anderen Drohnen kehren wieder zu ihrem Volk zurück und beteiligen sich zeitweise an der Aufrechterhaltung der Temperatur des Stockes. Da sie ihre Aufgabe für den Staat erfüllt haben, werden sie ab diesem Zeitpunkt

nicht mehr gefüttert bis sie schlussendlich ihr zu Hause freiwillig verlassen oder von ihren Genossinnen vertrieben werden. Drohnen ist es anatomisch nicht möglich selbst Nektar zu ernten, weshalb sie aufgrund der Verbannung nach kürzester Zeit verhungern. Werden im Bienenvolk wieder Drohnen benötigt wird dies durch das Bauen von größeren Wabenzellen eingeleitet. Die Größe der Zellen weist die Königin daraufhin, hier nur unbefruchtete Eier abzulegen. Aus diesen entwickeln sich die im Vergleich zu ihren Schwestern etwas größere Drohnen, ausgestattet mit sehr großen Augen, jedoch ohne Stachel. (vgl. Tautz, 2019, S. 106, 128)

Zusammenfassend sind weder Drohnen noch Königinnen direkt an der Bestäubung von Blütenpflanzen beteiligt. Sie sammeln keinen Nektar oder Pollen. Sie produzieren weder Wachs noch Honig. Das sind alles Aufgaben der Arbeiterinnen. Da diese jedoch infertil sind, ist eine Fortpflanzung nur durch eine Königin und Drohnen gegeben.

Zusammen bilden sie den Superorganismus „Bienen“, dessen einzigen Zweck das Überleben des eigenen Volkes ist. (vgl. beecarful 2020, online) „Der Bienen bezeichnet das Bienenvolk als unteilbares Ganzes, als einen einzigen lebenden Organismus.“ (Tautz, 2019. S. 7) Diesem Bienen haben wir die Bestäubung unzähliger Pflanzen und die Produktion von Honig zu verdanken.

1.4 Honigproduktion – Imker bzw. Imkerin

Wie bereits im Kapitel der Honigbiene erwähnt, hat die Zusammenarbeit von Menschen und Honigbienen schon sehr früh begonnen. Nomadische Jäger und Sammler nutzen den Honig von Wildbienen, wenn sie ein Nest entdeckten. Später als der Mensch sesshaft wurde, begann er mit gezielten Ansiedlungen von Bienen in seiner Nähe.

Um 5.000 v. Chr. begannen Menschen, in der Gegend der heutigen Türkei, wilde Honigbienen in hohlen Baumstämmen nahe ihren Dörfern unter zu bringen. Im frühen Mittelalter wird eine eigenes Berufsfeld dafür gegründet: die Zeidlererei. Diese wird als „die Bienenhaltung in Bienenbäumen“

bezeichnet. Da die Nachfrage an Honig und Wachs damals sehr groß war, war der Beruf des Zeidlers hochgeschätzt. Honig wurde benutzt, um Nahrungsmittel zu süßen oder um Met (Honigwein) herzustellen. Wachs war besonders für die Erzeugung von Kerzen wichtig, fand aber auch zum Verschließen von Urkunden und beim Bronzeguss Verwendung. Ab dem 17. Jahrhundert verringerte sich der Gebrauch dieser beider Bienenprodukte enorm. Um Speisen zu versüßen wurde der aus Amerika importierte Rohrzucker benutzt und 100 Jahre später wurden Zuckerrüben angebaut. Anstelle von Met wird vorzugsweise Bier gebraut. Nach der Erfindung von Kunstwachs zu Beginn des 20. Jahrhunderts, wurden Zeidler kaum noch gebraucht. Durch Bienenhaltung allein, konnten keine Lebenshaltungskosten mehr gedeckt werden, weshalb die Imkerei zum Nebenberuf oder gar zum Hobby wurde. (vgl. Stolzenberg 2015, S. 341f)

Heute gibt es in Österreich rund 29.000 Imker und Imkerinnen. 99 % von ihnen, betreiben eine Nebenerwerbs- bzw. Hobbyimkerei. Auf jede Imkerei kommen im Durchschnitt 10 bis 13 Bienenvölker. Österreich verfügt also über 370.000 Völker. Ein Volk produziert durchschnittlich 15 Kilogramm Honig pro Jahr. Bei einer landesweiten Produktion zwischen 4000 und 8000 Tonnen aber einen Pro-Kopf-Verbrauch von ca. 1,2 Kilogramm jährlich, ist Österreich nicht in der Lage den Eigenbedarf zu decken, weshalb mehr als die Hälfte des Honigs importiert wird. (vgl. Boigenzahn 2009 – 2020, online 14.05.2020)

Österreichischer Honig wird in Kooperation unserer Imker und Imkerinnen und den Honigbienen produziert. Die Imkereien stellen ein sicheres zu Hause, die Bienenstöcke, zur Verfügung und die Bienen liefern den Honig, welcher durch den Menschen geerntet wird.

Nachdem der Nektar in den Stock eingetragen wird, benötigt er eine Trocknungsphase in den Waben. Dafür benötigt er einen Wassergehalt von unter 18 %. Die Verringerung des Wassergehalts beruht auf Verdunstung. Dafür wird der Nektar mehrmals von den Bienen aufgenommen, um ihn anschließend wieder in einer neuen Zelle aus zu dünnen. Dieser Vorgang

wiederholt sich so oft, bis der Honig die gewünschte Konsistenz hat. Danach wird die Wabe luftdicht verschlossen. Dort ruht der Honig so lange, bis er für die Aufzucht des Volkes benötigt oder von Imkern bzw. Imkerinnen geerntet wird. (vgl. Tautz, Steen 2019, S. 153f)

1.5 Honig

Laut der Honigverordnung ist „Honig der natursüße Stoff, der von Bienen der Art *Apis mellifera* erzeugt wird, indem die Bienen Nektar von Pflanzen, Absonderungen lebender Pflanzenteile oder auf lebenden Pflanzenteilen befindliche Sekrete von an Pflanzen saugenden Insekten aufnehmen, diese mit arteigenen Stoffen versetzen, umwandeln, einlagern, dehydratisieren und in den Waben des Bienenstocks speichern und reifen lassen.“ (Rechtsinformation des Bundes online 02.04.2020)

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Blütenhonig, welcher aus den Nektarien der Pflanze gewonnen wird. Nektar ist „die wässrige, zuckerhaltige und duftende Substanz [...] um Insekten anzulocken“ (Tautz, Steen 2019, S. 143). Neben Nektar gibt es aber auch noch einen weiteren wichtigen Rohstoff, aus dem Bienen Honig erzeugen, den Honigtau.

Die Grundzutat des Honigtaus, stammt wie der Nektar aus dem „Siebröhren-(Phloem)-Saft“ der Pflanze. Bevor Bienen diesen jedoch nutzen können, werden andere Insekten als Bindeglied benötigt. Unterschiedliche Arten von Flöhen und Läusen, saugen den Honigtau auf, versetzen ihn mit Speichel und Verdauungssäften und scheiden ihn mit einer veränderten Eiweiß- und Zuckerszusammensetzung wieder aus. (vgl. Pritsch 2018, S. 31)

2 Methode und Materialien:

Im folgenden Kapitel wird die Aufarbeitung des Honigs durch die Methode der Azetolyse erklärt. Darauf folgt eine Beschreibung der lichtmikroskopischen und der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen.

2.1 Azetolyse-Verfahren

Der Honig wurde im Labor mit Hilfe des Azetolyse-Verfahrens aufbereitet. Dabei wird mit Hilfe eines Acetylgemisches, welches zu neun Teilen aus Essigsäureanhydrid und zu einem Teil aus konzentrierter Schwefelsäure besteht, gearbeitet. Diese Methodik bietet sich besonders für eine Pollenanalyse unter dem Lichtmikroskop an, da der Zellinhalt und die innere Pollenzellwand, die Intine, durch das Gemisch aufgelöst werden, wohingegen der äußerste Teil der Pollenwand, die Exine, aufgrund ihres Hauptbestandteils, dem Sporopollenin, erhalten bleiben. Für die spätere Pollenzählung und Artbestimmung werden nur die Exine benötigt. Diese sind aufgrund ihrer Erscheinungsvielfalt ein wichtiger Bestimmungsfaktor. Die äußere Beschaffenheit und Struktur der Pollen wird genutzt, um die im Honig enthaltenen Blütenarten zu bestimmen.

Zu allererst werden, wie in einem Labor üblich, alle benötigten Materialien gereinigt. Danach wird der Honig umgerührt bis eine homogene Flüssigkeit erreicht wird, bei der die Pollen gleichmäßig verteilt sind. Anschließend wird etwas Honig mit einem Teelöffel entnommen und in einem Becherglas, mit einem Verhältnis von 1 zu 2 in heißem Wasser, gelöst. Bei einer Menge von 10g Honig werden 20 ml heißes Wasser benötigt. Das Wasser kann von einem Wasserhahn entnommen werden, da eine Wärme von 40 °C ausreicht. Um den gelösten Honig zentrifugieren zu können, wurde ein Teil davon in drei Reagenzgläser umgefüllt. Diese drehen sich anschließend mit 3000 Umdrehungen pro Minute für ungefähr sieben Minuten in der Zentrifuge. Danach wird dekantiert: Die Reagenzgläser werden schnell um 180° gedreht, um die Flüssigkeit mit ungewünschten, gelösten Stoffen zu entsorgen und den Bodensatz zu erhalten. Der Bodensatz aus allen drei Röhrchen wird in einem Reagenzglas zusammengefügt, indem sie, mit dem Rest des im Wasser gelösten Honigs, ausgewaschen werden. Es folgt wieder eine sieben-minütige Zentrifugierung um anschließend wieder dekantieren zu können. Dabei wird um ein Reagenzglas reduziert, die andern beiden werden nun mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Es folgt ein weiterer Durchgang des Zentrifugierens, Dekantierens und Reduzierung auf ein

Reagenzglas. Dieses wird ein letztes Mal für sieben Minuten zentrifugiert. Nach dem Dekantieren wird der Bodensatz dieses Mal mit Essigsäure aufgefüllt. Die anschließende Zentrifugierung wird auf die Dauer von einer Minute reduziert. Folgend wird dekantiert und es kommt das Acetylgemisch zum Einsatz. Zum Absatz werden 10 ml Acetylgemisch hinzugefügt, um hinterher das Reagenzglas in ein kochendes Wasserbad zu hängen. Dort verweilt es für dreieinhalb Minuten. In dieser Zeit werden der ungewünschte Zellinhalt und die Intine ausgewaschen und die Exine verfärben sich und werden sichtbar. Nach einer Abkühlphase wird ein weiteres Mal dekantiert und mit Essigsäure befüllt. Nach einer zwei-minütigen Zentrifugierung folgen 3 „Waschgänge“, indem die abzentrifugierte Flüssigkeit entsorgt, der Absatz mit Wasser befüllt und kurz zentrifugiert wird. Schlussendlich wird ein allerletztes Mal dekantiert und das Reagenzglas mit der Öffnung nach unten über ein Filterpapier gestellt, um jegliche restliche Flüssigkeit zu entfernen. Am Boden des Glases verbleiben nur noch die gefärbten, erwünschten Pollenzellwände.

2.2 Untersuchung im Lichtmikroskop

Damit die Pollen unter dem Lichtmikroskop gut zu erkennen sind, wurde Glycerin in das Reagenzglas hinzugefügt. Da nicht alle Untersuchungen an einem Tag vollzogen werden können, ist die Überführung der Flüssigkeit in ein verschließbares Gefäß nötig. Hierzu reicht vorsichtiges Umschütten für den Großteil der Flüssigkeit aus. Etwaige Restbestände können aus dem Reagenzglas abgesaugt und in ein kleineres Röhrchen mit Deckel übertragen werden.

Bevor mit der Bestimmung einzelner Arten begonnen wurde, war es wichtig, sich zuerst einen Überblick des enthaltenen Pollenspektrums zu schaffen. Dafür wurden Abstriche der Probe mit einem dünnen Glasrohr entnommen und auf einen Objektträger übertragen. Hierbei, ist darauf zu achten, wenig Flüssigkeit zu entnehmen, um einen dünnen Abstrich mit wenig Tiefe zu erschaffen. Bei zu viel Flüssigkeit, könnten sich einzelne Pollenkörner

überlagern, wodurch sowohl das Bestimmen als auch das Auszählen erschwert werden würde. Jeder Abstrich wurde Millimeter für Millimeter durchsucht. Um dies zu ermöglichen wurde in einer Ecke des Abstriches begonnen und zeilenweise von rechts nach links bzw. von oben nach unten durchgezählt. Etwas erleichtert wurde das Zählen, durch den am Mikroskop angebrachten Kreuztisch, auf welchen der Objektträger eingeklemmt wird und durch zwei Stellräder entweder horizontal oder vertikal verschoben werden kann. Es wurde ein Lichtmikroskop des Typs Eclipse 80i, der Marke Nikon benutzt. Zu Beginn wurde nur zwischen Buchweizenpollen und anderen Pollen unterschieden. Alle vorhandenen Buchweizenpollen vom äußeren, rechten, oberen Rand bis zum linken, unteren Rand des Abstriches wurden mit Hilfe einer vierzigfachen Vergrößerung dokumentiert. Die Art der anderen Pollenkörner wurde noch nicht berücksichtigt. Ziel der ersten Auszählungen war, die Menge des Buchweizenanteils zu bestimmen.

Nachfolgend ging es um den Erkenntnisgewinn der anderen Arten der Pollen, welche im Blütenhonig mit Buchweizen erhalten sind. Für eine Bestimmung auf Familienniveau konnte mit derselben Vergrößerung weitergearbeitet werden.

Nach der Durchzählung folgte die Entnahme einzelner Pollenkörner auf neue Objektträger für die lichtmikroskopischen Aufnahmen. Durch eine zuvor eigens abgewandelte Präpariernadel wurden die Pollen aus dem Abstrich selektiert und in einen kleinen Tropfen Glycerin transferiert. Danach wurden von jedem Korn sowohl Horizontal- als auch Vertikalaufnahmen angefertigt. Dies geschah mithilfe einer Mikroskopkamera der Marke Jenoptik, aus der ProgRes-Serie. Für die Fotos wurde das Objektiv mit der größten Vergrößerung (40 x =,75) benutzt. Auch hier war wieder darauf zu achten, das Pollenkorn in wenig Flüssigkeit einzulegen, um ein klares Bild zu erhalten.

2.3 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen

Um Aufnahmen in einem Rasterelektronenmikroskop herstellen zu können, mussten die Pollen ein weiteres Mal aufgearbeitet werden. Hierfür wurden die gewünschten Pollen, mit der zuvor hergerichteten Präpariernadel, von den Objektträgern aufgenommen und auf sogenannte Stiftprobenteller übertragen. Dabei musste mit beiden Händen gleichzeitig gearbeitet werden, da die Pollenkörner während der Übertragung vom Glycerin gereinigt werden müssen, um später deutliche Aufnahmen zu erhalten. Ist zu viel Glycerin auf der Probe enthalten, wirkt die Pollenwandoberfläche verschwommen, wodurch sowohl die Herstellung brauchbarer Fotos erschwert wird als auch die Pollenbestimmung. Deshalb wird das Pollenkorn von der Präpariernadel gleichzeitig mit hochprozentigem Alkohol auf den Stiftprobenteller gebracht. Pro Stiftprobenteller geschieht dies viermal. So sollten anschließend auf jedem Teller vier Pollenkörner vorhanden sein. Damit diese später unter dem Rasterelektronenmikroskop leichter aufzufinden sind, wird der Stiftprobenteller vorweg mit einem spitzen Gegenstand verändert. Zuerst wird eine durchgehende Linie von Nord nach Süd und von West nach Ost auf dem Teller eingeritzt. Danach folgt eine Einritzung eines Rechtecks in der Mitte des Stiftprobentellers. So entstehen vier kleinere Rechtecke, in welchen jeweils ein Pollenkorn aufzufinden ist. Dasselbe Muster wird auch auf ein Blatt Papier aufgezeichnet, inklusive der Position vom Pollenkorn. Für die später gestalteten Tafeln, werden sowohl vom ganzen Korn als auch präzise Kornoberflächenfotografien aufgenommen.

Jedoch benötigt es einer weiteren Bearbeitung der Proben, um mit einem Rasterelektronenmikroskop suggerieren zu können. Dieses benötigt eine Oberfläche, welche den Elektronenstrahl reflektiert. Deshalb wurden die Pollenkörner mit einem Metall, in unserem Fall mit Gold, überzogen. Dies geschah mit Unterstützung des Sputter-Verfahrens, auch Kathodenzerstäubung genannt.

Der Sputter-Reaktor erzeugt ein Vakuum, in dem sich das mit Pollen beladene Tischchen befindet. Anschließend wird durch Einführung eines Edelgases, meist Argon, zwischen einer Anode und einer Kathode ein Plasma gezündet. Dieses besteht aus negativ geladenen Elektronen und positiv geladenen Argonionen. Die Gasmoleküle schlagen Goldmoleküle aus einer Goldfolie heraus, welche sich über die Tischchen anlagern. (vgl. Severin 1986, S. 71)

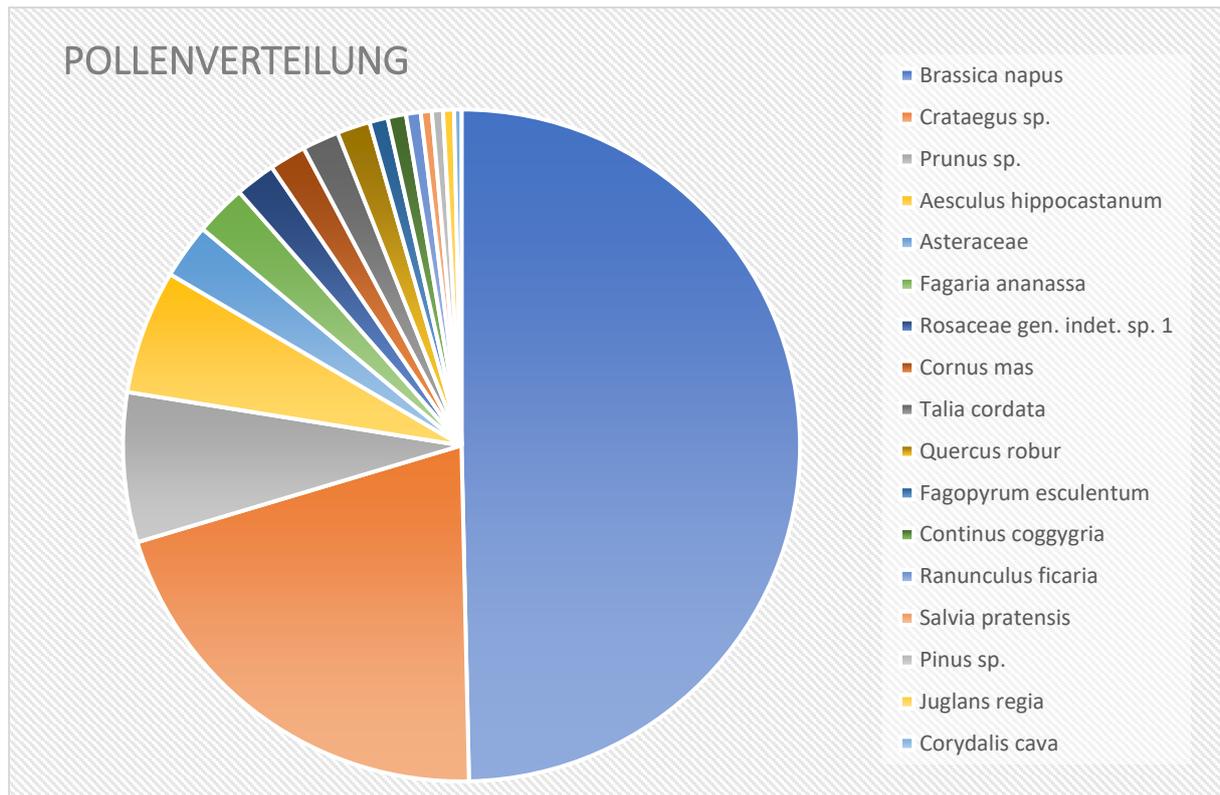
Sind alle Tischchen und damit auch alle Pollenkörner überzogen, kann mit der Arbeit mit dem Rasterelektronenmikroskop begonnen werden. Das Ergebnis dieses Schaffens ist dem letzten Kapitel (Tafeln) zu entnehmen.

3 Analyse & Interpretation

Nach einer Durchzählung von drei Abstrichen konnte ein ungefähres Verhältnis erkannt werden. Für ein signifikantes Ergebnis wurden trotzdem viele weitere Abstriche durchsucht. Im folgenden Kapitel ist die Pollenverteilung des untersuchten Honigs aufgezeigt und die Charakteristika der bestimmten Arten bzw. Familien dargelegt.

3.1 Pollenverteilung

Der angeführten Tabelle ist die Pollenzusammensetzung des untersuchten Blütenhonigs mit Buchweizen zu entnehmen. Die Tabelle legt den Mittelwert aller betrachteten Abstrichen dar.



Es folgt eine genaue Beschreibung der bestimmten Arten und ihren Pollen. Für ein besseres Verständnis sind zuvor Definitionen nach Beug (2015) angeführt:

- Apertur: sichtbarer präformierter Austrittsbereich für einen Pollenschlauch
- Brochus (pl. -i): Masche von einem Reticulum. Ein Brochus besteht aus dem Lumen und den angrenzenden Hälften aller Muri, die das Lumen umgeben und es von den benachbarten Lumina abgrenzen.
- colpat: Mit Colpi ausgestattet.
- Colpus (pl. -i): oder plural Colpen – langgestreckte Apertur, bei der das Längen-Breiten-Verhältnis größer als 2:1 ist.
- echinat: mit Echini versehen
- Echinus (pl. -i): vorwiegend langgestrecktes, senkrecht auf der Exine sitzendes Skulpturelement, das distal zugespitzt und länger als 1 µm ist.
- Exine: Die aus Sporopollenin aufgebaute Wand des Pollenkorns.
- Lumen (pl. -ina): der von Muri umgebene Innenteil eines Brochus.

- Porus (pl. -i): Apertur, deren Längen-Breiten-Verhältnis kleiner als 2,0 ist.
- Porat: Besitz von Pori.
- Reticulum: Die Skulptur besteht aus über 1 µm großen Brochi.
- Skulptur: Die als Relief an der Oberfläche der Exine hervortretenden Formelemente.
 - reticulat: Netzförmige Skulptur
 - striat: Skulpturelemente mehr oder weniger parallel, zumindest in scharenweiser paralleler Anordnung
 - rugulat: Skulpturelemente unregelmäßig (weder netzartig noch parallel) verteilt

(S. 26ff)

3.1.1 *Brassica napus* (Raps)

Die Überzahl an Rapspollen war äußerst auffällig. Sehr schnell war klar, diese Blütenpflanze wurde von den Bienen am häufigsten besucht. Mit einem Prozentsatz von 50% liefert diese Pflanzenart die Hälfte der vorkommenden Pollen im untersuchten Honig.

Brassica napus gehört zur Familie der Kreuzblütengewächse (*Brassicaceae*). Kreuzblütler sind generell als hervorragende Nektar und Pollenlieferanten bekannt. Mit einer weltweiten Verbreitung von ungefähr 350 Gattungen, bringt diese Familie einige wichtige Nutzpflanzen und Wildkräuter hervor. (vgl. Pritsch 2018, S. 15)

Die Blütenformel $+ K_4 C_4 A_{2+4} \underline{G(2)}$ (Hess 2005, S. 164) zeigt ein Vorhandensein von sowohl vier Kronblätter als auch vier Kelchblätter. Die Staubblätter teilen sich in zwei Kreise, wobei der äußere aus zwei kurzen und der innere aus vier langen Staubblättern besteht. Der oberständige Fruchtknoten wird aus zwei Fruchtblättern gebildet. (vgl. Hess 2005, S. 164)

Da nur die am Grund sitzenden Nektardrüsen der beiden kurzen Staubblätter viel Nektar abgeben, werden nur diese zwei von den Bienen

benutzt. Um zur tiefsitzenden Nektarquelle der Blüte zu gelangen, muss die Sammlerin mit ihrem Rüssel zwischen Staubblatt und Stempel gelangen. Bei diesem Vorgang wird der Raps gleichzeitig bestäubt, indem die Biene mit ihrem Kopf, auf welchem Pollen von vorher besuchten Blüten sitzen, die Narbe streift. Während dieser Aktivität berührt die Biene außerdem mit ihrer Bauchseite ein unter ihr vorhandenes Staubblatt und belädt sich dabei mit blüteneigenem Pollen, welcher am Weg zum zweiten Nektar liefernden Staubgefäß über die Narbe gestreift wird. Bei der zweiten Nektarquelle der Blüte wird während des Saugvorgangs mit dem Kopf ein anderes Staubgefäß berührt, wobei Pollenkörner auf der Stirn haften bleiben. Diese werden wieder bei der nächsten Blüte auf die Narbe gebracht. (vgl. Pritsch 2018, S. 15) So wird eine Blüte nach der anderen bestäubt, ohne Absichtlichkeit der Bienen.

Pollen werden aber nicht nur unabsichtlich in den Bienenstock eingetragen. Da Pollen sowohl Eiweiß-, Fett-, Vitamin und Spurenelementlieferant für das Bienenvolk, im speziellen für die Brut ist, werden Pollen bewusst von Bienen gesammelt (vgl. Tautz, Steen 2019, S. 139). Rapspollen sind tricolpat. Wie in Kapitel der Aperturen beschreiben, bedeutet dies, das Vorhandensein von 3 länglichen Keimöffnungen. Mit einer Größe von 26 – 50 µm liegen sie im Mittelbereich der Pollengrößen (vgl. Paldat.org online 23.12.2020). Die Tafel XVIII zeigt 2 Aufnahmen von einem Rapspollenkorn durch ein Lichtmikroskop und 3 Abbildungen durch ein Rasterelektronenmikroskop. Da das Pollenkorn bei der Übertragung auf ein Tischchen zerstört wurde, war eine Fotografie der aufgerissenen Exine möglich. Auf der Abbildung E sind die Columellae gut zu erkennen.

3.1.2 *Crataegus sp.* (Weißdorn)

Mit einer Häufigkeit von 21% ist der Weißdorn am zweit häufigsten im Honig vertreten. Leider war zu viel Glycerin auf der Pollenoberfläche, um auf Artniveau bestimmen zu können. Allerdings sind in Mitteleuropa nur 2 Arten vertreten, weshalb es sich nur um entweder den Eingriffeligen Weißdorn,

Crataegus monogyna bzw. den Zweigriffeligen Weißdorn, *Crataegus laevigata* handeln kann (vgl. Maurizio, Grafl 1965, S. 297). Beide gehören zur Familie der Rosengewächse, welche später genauer beschreiben werden.

Die weißen Blüten des Weißdorns blühen von Mai bis Juni und stellen mittelmäßig viel Nektar und Pollen zur Verfügung. Mit einer Höhe von zwei bis sechs Metern, kommen diese Pflanzen entweder als Sträucher oder Bäume vor. (vgl. Pritsch 2018, S. 220)

Die Pollen zeichnen sich durch die Existenz von drei porenförmigen Aperturen in Falten liegend aus und werden deshalb als tricolporat bezeichnet (siehe Tafel XIV). Mit einer Größe von 51 – 100 µm zählen sie zu den größeren Pollen (vgl. Paldat.org online 23.12.2020). Das Korn ist rund bis elliptisch und weist eine striate Skulpturierung (Abb. E) auf.

3.1.3 *Prunus sp.* (Kirsche)

Kirschblüten haben ein Aufkommen von 7% im untersuchten Honig. Die Gattung *Prunus* gehört zur Familie der *Rosaceae*, welche in einem späteren Kapitel (3.1.6.) genauer erörtert werden.

Ein Kirschbaum erblüht in weißer Pracht im April und blüht dann bis Ende Mai. Sowohl die Nektar- also auch die Pollenabsonderung sind sehr gut. (vgl.

Der Blütenstaub der Kirsche ist rund bis elliptisch. Auch hier ist wieder eine tricolporate Apertur zu finden. Die Größe des Kornes liegt im Mittelwert. (vgl. Beug 2015, S. 280)

3.1.4 *Aesculus hippocastanum* (Roskastanie)

Ebenfalls häufig konnte die Roskastanie Pollen einbringen. Mit einer Häufigkeit von 6%, ist sie gut im Honig vertreten.

Die gewöhnliche Rosskastanie zählt zur Familie der Seifenbaumgewächse (*Sapindaceae*). Sie blüht von April bis Juni mit weißen Blüten, welche ein anfangs gelbes, später rotes Saftmal besitzen. Sowohl das Nektar- als auch das Pollenaufkommen gut. Rosskastanien erreichen eine Baumhöhe von zwanzig bis dreißig Meter. (vgl. Pritsch 2018, S. 229)

Es gibt sichtbar runde Poren, welche auf eingesenkten Colpen sitzen. Daraus folgt eine tricolporate Bezeichnung. Das ganze Korn besitzt eine Größe von 22 – 50 µm. (vgl. Beug 2015, S. 255)

3.1.5 Asteraceae (Korbblütler)

Korbblütler sind aufgrund ihrer bestachelten Exine sehr gut zu erkennen. Eine solche Exinoberfläche wird als „echinat“ bezeichnet (Beug, 2015, S. 37). Die Bestimmung auf Artniveau wird dann jedoch etwas schwieriger. Trotzdem konnten 4 verschiedene Arten bestimmt werden.

Anhand der Blütenformel * bis ↓ K5 C(5) A(5) G($\bar{2}$) kann folgendes ausgelegt werden: Es gibt fünf ehemalige Kelchblätter, welche aber entweder fernbleiben oder sich zu einem sogenannten „Pappus“ weiterentwickelt haben. Die ebenfalls 5-zähligen Kron- und Staubblätter sind verwachsen. Der Fruchtknoten ist unterständig und besteht aus zwei Fruchtblättern. (vgl. Hess 2015, S. 206f)

3.1.5.1 Achillea millefolium (Gemeine Schafgarbe)

Die gemeine oder auch gewöhnliche Schafgarbe erreicht von Juni bis September eine Blütezeit von vier Monaten. Die Blüten erblühen in weißer Pracht mit geringer Nektar- und Pollenproduktion. Als Wild- und Heilpflanze erreicht sie eine Höhe 30 – 100 cm. (vgl. Pritsch 2018, S. 143)

Die Pollenoberfläche der gemeinen Schafgarbe ist durch zugespitzte Skulpturelemente in tectater Position gekennzeichnet. Die Form des Kornes ist rundlich mit länglichen Colpen. Da auch Poren vorhanden sind, auch wenn

diese meist schwer zu erkennen sind, sind es tricolporate Pollen, deren Größe 26 – 50 µm beträgt. (vgl. Beug 2015, S. 222ff)

3.1.5.2 Centaurea sp. (Flockenblume)

Die Blütezeit der Flockenblume erstreckt sich von Juni bis August. Die Blütenfarbe variiert in pink bzw. violett. Die Nektarpracht wird als gut und die Pollenpracht als mittel beschrieben. Je nach Art kann sie eine Höhe zwischen 0,2 und 1,2 Meter erreichen. (vgl. Bienenweidekatalog 2019, S. 74f)

Das Pollenkorn ist tricolporat und erreicht eine mittlere Größe. Die zugespitzten Skulpturelemente stehen in diesem Fall in intectater Position. (vgl. Beug 2015, S. 37, 190f)

3.1.5.3 Cichorium sp. (Wegwarte)

Die Wegwarte blüht mit einer sowohl guten Nektar- als auch einer guten Pollenpracht von Juli bis September. Sie erreicht dabei eine Höhe von 30 bis 130 cm. Ihre Blüte besitzt eine blassblaue bis violette Farbe. (vgl. Pritsch 2018, S. 154)

Die echinate Oberfläche weist drei Colpen auf an denen 3 Poren sitzen. Daraus folgt eine tricolporate Bezeichnung. Mit einem Größenaufkommen von 26 – 50 µm haben Wegwartepollen eine Durchschnittsgröße. (vgl. Paldat.org online 05.01.2021)

3.1.5.4 Crepis biennis (Wiesen-Pippau)

Die Blütezeit der Gattung *Crepis* erstreckt sich von Mai bis September und weist dabei mittelmäßige Werte bei der Pollen- und Nektarpracht auf (vgl. Pritsch 2018, S. 260f)

Ein besonderes Merkmal von Pippau Pollen sind die oft großen Unterbrechungen der zugespitzten Skulpturelemente. Außerdem kommen sie in tricolporater Form und einer Größe von 40 – 47,5 µm vor. (vgl. Beug 2015, S. 417, 419)

3.1.6 *Rosaceae* (Rosengewächse)

Rosengewächse sind ebenfalls als erfolgreiche Trachtpflanzen bekannt. In dem untersuchten Honig wurden Pollen von dem zweigriffeligen Weißdorn, von der Kornelkirsche, von Kirschblüten und 1 weitere *Rosaceae* gefunden. Letztere konnte aufgrund von unscharfen Aufnahmen, verursacht von zu viel Glycerin auf der Pollenoberfläche, leider nicht genauer bestimmt werden. Deshalb ist diese mit „*Rosaceae gen. indet. sp. 1*“ auf der Tafel gekennzeichnet.

Die Familie hat eine radiäre Blütensymmetrie aus jeweils fünf Kelch- und fünf Kronblättern. Staubblätter gibt es entweder fünf oder ein Vielfaches davon, welches meist auf Kreise aufgeteilt ist. Der Fruchtknoten kann sowohl einzeln als auch mehrzählig, von ober- bis unterständig vorkommen. Gibt es mehrere Fruchtknoten, sind diese ebenfalls kreisförmig angeordnet. Die Blütenformel lautet: $* K_5 C_5 A_5 \times n \overline{G_{1-\infty}}$ (vgl. Hess 2015, S. 156f)

3.1.7 *Fragaria ananassa* (Garten-Erdbeere)

Die Garten-Erdbeere verzeichnet ihr erstes Auftreten zu Beginn des 18. Jahrhunderts aufgrund von Kreuzungen der Chile-Erdbeere (*Fragaria chiloensis*) und der Scharlacherdbeere (*Fragaria virginiana*) (vgl. Strauß, Novak 1998, S. 323).

Die fünf-zähligen Kronblätter weisen eine weiße Färbung auf, in deren Mitte ca. 20 gelbe Staubblätter sitzen. Die Pflanze erreicht eine Höhe zwischen 20 und 30 cm und kann von April bis Juli blühen. (vgl. Bienenweidekatalog 2019, S. 77) Trotz einer geringen Nektar- und Pollenproduktion, ist die Erdbeere im Verhältnis zu anderen im Honig vorkommenden Trachtpflanzen, mit einem Prozentanteil von 2% relativ gut vertreten.

Die Pollenkörner der Erdbeere besitzen eine striate Skulpturierung und drei Poren, welche jeweils auf einer der drei Colpen sitzen, weshalb das Korn als tricolporat bezeichnet wird (vgl. Beug 2015, S. 271).

3.1.8 *Cornus mas* (Kornelkirsche)

Die Kornelkirsche gehört zur Familie der Hartriegelgewächse, welche 83 Arten umfasst, wobei in unseren Breitengraden diese Familie nur durch die Kornelkirsche vertreten ist. Mit einer strauchigen Wuchsform kann die Kornelkirsche einen halben Meter hoch und bis zu 3,5 Meter breit werden. (vgl. baumschule-horstmann.de online 01.03.2021)

Mit einer gelben, in Dolden angeordneten Blütenpracht, dient sie, unter anderem, Bienen von März bis April als eine der ersten Nahrungsquellen. Die Staubblätter weisen eine gute Nektar- bzw. mittelmäßige Pollenproduktion auf. (vgl. Pritsch 2018, S. 86)

Das tricolporate Pollenkorn der Kornelkirsche besitzt äquatorial verengte Colpen mit deutlich erkennbaren, runden Poren. Es sind Skulpturelemente vorhanden, welche kleiner als 1 μm sind, weshalb die Skulptur als scabrat bezeichnet wird. Mit einer Größenordnung von 20,5 – 26,9 zählt die Kornelkirsche zu den kleineren Pollenkörnern ihrer Gattung *Cornus*. (vgl. Beug 2015, S. 203)

3.1.9 *Tilia cordata* (Winterlinde)

Die Winterlinde gehört zur Familie der Malvengewächse. Diese besitzt eine weltweite Verbreitung mit vielen Gattungen, jedoch steht bei uns nur die Gattung *Tilia* mit zwei Arten, der Winter- und der Sommerlinde, für die Honigbiene als heimische Trachtpflanze zur Verfügung. Mit einer Maximalhöhe von ungefähr 25 Meter, ist die Winterlinde um einiges kleiner als ihre Artgenossin. Die radiär angeordneten Blüten bestehen aus fünf Kelchblätter, fünf grünliche Kronblätter und vielzähligen Staubblätter. Es gibt einen oberständigen Fruchtknoten. (vgl. Maurizio, Grafl 1965, S. 234f)

Maurizio und Grafl (1965) stufen die Lindenarten bezüglich ihrer Nektarabsonderung im Zusammenhang mit dem Bienenflug als „am besten erforschten Trachtpflanzen“ ein. Es wurde unter anderem untersucht, dass eine Nektarsekretion am Morgen mit einem geringeren Zuckergehalt von 16

– 27% und eine großzügige Nektarabsonderung am Abend mit einem Zuckergehalt von 50 – 80% erfolgt. Infolgedessen werden Lindenblüten am häufigsten in der Früh und abends von den Honigbienen besucht. (S. 235)

Solche Bienenflüge sind bei der Winterlinde nur im Juni und Juli zu beobachten, denn da findet ihre Blütezeit statt. Ihre Pollenkörner hatten ein Aufkommen von einem Prozent im untersuchten Honig. In polarer Ansicht wirkt das Korn rund, aus äquatorialer Sicht scheint das Korn leicht abgeflacht. Es sind 3 kurze Colpen mit 3 Pori zu erkennen.

3.1.10 *Quercus robur* (Stieleiche)

Eichen gehören gemeinsam mit Kastanien und Buchen zu den drei in Österreich vorkommenden Gattungen der Buchengewächse. Ihre Blütenformel unterscheidet sich je nach Geschlecht:

♂ * P₄ – 7 (reduziert) A₄ – 40 G₀

♀ * P₃ + 3 A₀ G($\bar{3}$)

(vgl. Hess 2005, S. 160)

Pollen der Stieleiche waren zu einem Prozent in den Abstrichen vertreten. Die Pollenschläuche wachsen aus 3 länglichen Colpen, weshalb die Stieleichenpollenkörner als tricolpat bezeichnet werden. Ihre Oberfläche ist durch stark variierende Skulpturelemente geprägt. Diese weisen eine uneinheitliche Verteilung, eine differente Größe (26 – 50 µm) und keine Formgleichheit auf. Der Abstand zwischen den Skulpturelementen ist verschieden und maximal 1 µm groß. (vgl. Beug 2015, S. 144)

Die Stieleiche blüht von April bis Juni mit einer grünlich-gelben Blütenfarbe. Sie produziert keinen Nektar, da keine Insekten zur Fortpflanzung benötigt, denn sie ist Windblütler. Die Pollenproduktion wird als mittelmäßig bis gut beschrieben. Als Baum erreicht sie eine Höhe von 20 bis 40 Meter. (vgl. Pritsch 2018, S. 46)

3.1.11 *Fagopyrum esculentum* (Buchweizen)

Echter Buchweizen dient „[a]ls Bienenweide verfügbare Zwischenfrucht im Ackerbau“. Er steht von Juni bis oft Oktober mit einer Höhe von 150 bis 600cm in blühte. Die Blütenfarbe kann weiß oder auch rosa sein. Die Nektarsekretion ist sehr gut, wohingegen die Pollenabgabe mittel bis gut ist. (vgl. Bienenweidekatalog 2019, S. 104)

Wie bereits in Kapitel 1.3.1 erwähnt sind es die Arbeiterinnen, im speziellen die Sammlerinnen, die dafür verantwortlich sind, Nektar zu sammeln.

Doch bevor diese eine bestimmte Blüte anfliegen, gibt es sogenannte Spurbienen, welche ihnen den Weg zeigen. Zuvor müssen letztere erstere davon überzeugen, eine gute Nektar- bzw. Pollenquelle gefunden zu haben. Dieses wird mit Hilfe eines Tanzes bewerkstelligt. Je mehr Sammelbienen von dem Tanz beeindruckt sind, umso höher ist die Frequenz, in der die Blüte angefliegen wird. (vgl. Tautz, Steen 2019, S. 68f)

Nun kann es mehrere Gründe geben, weshalb der Prozentanteil des Buchweizens im Blütenhonig mit Buchweizen so gering ausgefallen ist.

Sehr wahrscheinlich war in unmittelbarer Nähe des Magazins ein Rapsfeld. Raps ist sowohl ein sehr guter Nektar- als auch ein sehr guter Pollenlieferant (vgl. Pritsch 2018, S. 260f). Deswegen waren die Spurbienen, welche die Rapsblüten entdeckten, sehr wahrscheinlich am überzeugendsten. Da Raps zwei Monate vor Buchweizen zu blühen beginnt, kann es des Weiteren sein, dass die Wabenzellen bereits zu gut gefüllt waren und nur noch wenig Platz für Buchweizenpollen vorhanden war.

Leider dürften alle Pollen des Buchweizens bei der Übertragung eines Abstriches auf ein Tischchen während der Reinigung verloren gegangen sein. Deshalb gibt es nur von dieser Art nur Lichtmikroskopische Aufnahmen. Für die Beschreibung beruht auf rein auf Literaturquellen.

Das Pollenkorn des Buchweizens ist tricolporat mit einer Größenverteilung, welche auf unterschiedlichen Blüten beruht. Langgriffelige Blüten bieten Pollengrößen von rund 39 µm, kurzgriffelige Blüten liefern Pollenkörner von rund 50 µm. (vgl. Beug 2015, S. 343f)

3.1.12 *Cotinus coggygia* (Gewöhnlicher Perückenstrauch)

Der ursprünglich aus Asien stammende Perückenstrauch gehört zur Familie der Sumachgewächse (*Anacardiaceae*). Mit seinem strauchartigen Wuchs kann er Höhen von drei bis fünf Meter erreichen. Die Blüte ist gelblich-grün, sitzt an endständigen Rispen und kann in den Sommermonaten Mai, Juni und Juli beobachtet werden. (vgl. Baumkunde.de online 01.03.2021) Er gibt eine geringe Menge an Pollen und eine mittelmäßige Nektarmenge ab (vgl. Pritsch 2018, S. 270f).

Die Perückenstrauchpollen weisen drei deutliche transversale Colpen mit kleinen Polarfeldern auf, weshalb sie als tricolporat bezeichnet werden. Die Skulpturierung ist in diesem Fall striat. Es können allerdings auch Pollen dieser Art mit einer microreticulaten Oberfläche vorkommen. Die Korngröße kann zwischen 19,5 bis 31,5 µm schwanken. (vgl. Beug 2015, S. 256)

3.1.13 *Ranunculus ficaria* (Scharbockskraut)

Das Frühlings-Scharbockskraut zählt zur Familie der Hahnenfußgewächse. Je nach Gattung treten hier die unterschiedlichsten Blütensymmetrien auf. Auch die Zahl der Staub- und Fruchtblätter variieren stark. Die Anzahl der Kelch- und Kornblätter ist hingegen mit jeweils fünf Stück konstant. (vgl. Hess 2015, S. 136f)

Die Blüten des Scharbockskrauts sind gelb und blühen in April und Mai. Pollen und Nektar werden mittelmäßig viel produziert. Als Staude wird eine Wuchshöhe von 5 – 25 cm erreicht. (vgl. Pritsch 2018, S. 77)

Das Pollenkorn ist aufgrund von drei vorhandenen Colpen tricolpat. Des Weiteren weist es eine echinate Oberfläche auf. Da die Echini sehr klein sind wird es auch als microechinat bezeichnet. Die Größe der Körner kann zwischen rund 29 und 36,5 µm betragen (vgl. Beug 2015, S. 151).

3.1.14 *Salvia pratensis* (Wiesensalbei)

Der Wiesensalbei gehört zur Familie der Lippenblütler. *Lamiaceae* sind ein weiteres Paradebeispiel für die gemeinsame Entwicklung von Blüten und Insekten. Sie besitzen einen speziellen Blütenaufbau. Der Blütenformel ($\downarrow K(5) [C(5) A(4)] G(\underline{2})$) kann entnommen werden, dass Lippenblütler fünf verwachsene Kelchblätter besitzen. Außerdem sind die fünf vorhandenen und ebenfalls zusammengewachsenen Kronblätter mit den Staubblättern verwachsen. Letztere müssen nicht immer eine Anzahl von vier Stück besitzen, sondern sind bei manchen Arten reduziert. Den oberständigen Fruchtknoten stellen 2 Fruchtblätter dar. (vgl. Hess 2015, S. 180f)

Die Gattung Salbei hat mit dem „Schlagbaum-Mechanismus“ eine Besonderheit bei der Bestäubung entwickelt. Die Blätter des Kelches sind zu zwei „Lippen“ zusammengewachsen, aus denen eine gleichfalls „zweilippige“ Kronblüte wächst, deren Oberteil, ähnlich wie ein Helm, zwei Staubblätter und den Griffel umschließt. Der untere Teil, „die Unterlippe“, dient den anfliegenden Insekten, speziell Hummeln und Bienen, als Landefläche. Die Filamente der zwei Staubblätter sind an ihrem Grund mit der Kronröhre verwachsen, der Rest ist frei, leicht gebogen und setzt an die Konnektive an. Unter Konnektive versteht man das „Verbindungsstück zwischen den beiden Theken eines Staubbeutels, an dem der Staubfaden ansetzt“ (Hess 2015, S. 222). Die Konnektive sind unterschiedlich lang. Der längere Teil des Konnektivs trägt die fertile Staubblatthälfte und ist unter der Oberlippe der Krone versteckt. Der kürzere Teil des Konnektivs ist mit der anderen Staubblatthälfte zu einer Doppelplatte verwachsen, und versperrt dadurch den Zugang zu den Nektarien. Landet ein Insekt auf der Unterlippe und versucht den Nektar zu erreichen, drückt es dabei die mobilen Platten gleichzeitig nach oben und hinten, wodurch ein Hebelmechanismus aktiviert wird. Die fruchtbare Konnektivteil tritt schlagbaumartig aus der Oberlippe hervor und streut dabei die Pollen auf den Rücken des Insekts aus. (vgl. Hess 2015, S. 182 und Maurizio, Graf 1965, S. 241f)

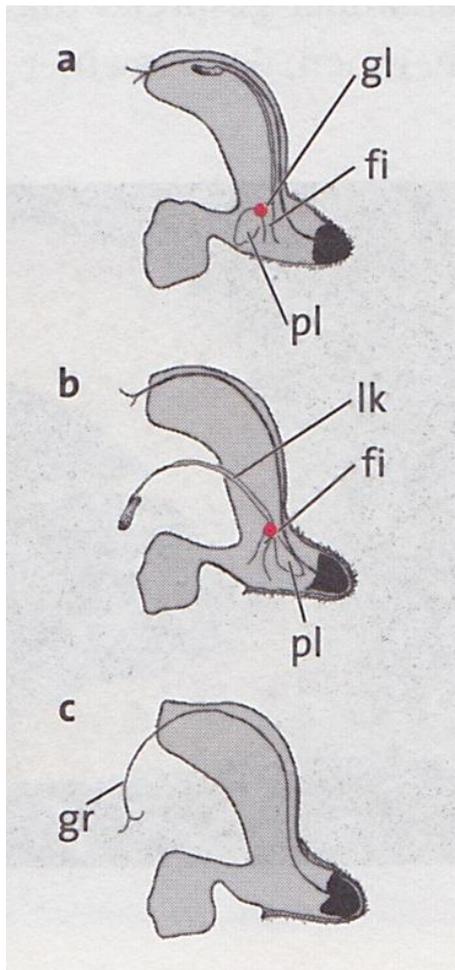


Abbildung: Schlagbaum-Mechanismus

a Männliche Blühphase, Ausgangszustand

b männliche Blühphase nach Senken des Schlagbaums beim Eindringen eines Besuchers

c nachfolgende weibliche Blühphase

gr...Griffel

gl...Gelenk

lk...langer Konnektivteil mit fertiler Theke

pl...Platte

(aus Hess 2005)

Abbildung 200 - Schlagbaum-Mechanismus bei *Salvia pratensis*

Wie auf Tafel XVI sichtbar hat *Salvia pratensis* eine Exine mit sechs Colpi. Mit einem Volumen von 26 – 50 μm^3 , gehört Wiesensalbei zu den mittelgroßen Pollen (vgl. Paldat.org online 15.02. 2021)

3.1.15 *Pinus sp.* (Kiefer)

Als Nadelbäume dienen die Kiefer den Bienen vor allem als Honigtauquelle. Die schlanke flinke und die breite bemehlte Kiefernlaus sitzen als Honigtau-Erzeuger auf den Kiefernadeln. Die Kiefernrinde beherbergt gleich 5 verschiedene Lausarten, welche ebenfalls Honigtau erzeugen. (vgl. Pritsch 2018, S. 290f) Die rötlich, im Mai und manchmal auch noch Juni, blühende Blüte produziert keinen Nektar (vgl. Bienenweidekatalog 2019, S. 49). Aufgrund einer Spezialisierung auf Windverbreitung, werden unzählig viele Pollen gebildet, von denen einige im Bienenstock gelangen.

Nadelholzpollen sind gut anhand ihrer seitlich sitzenden Luftpolster zu erkennen. Aufgrund ihrer deutlich geringeren Größe, mit einem Mittelwert bei 65 µm, sind die Pollen der Kiefer von den Pollenkörnern der Fichte und der Tanne meist problemlos zu unterscheiden. (vgl. Bertsch 1942, S. 60f)

3.1.16 *Juglans regia* (Echte Walnuss)

Die Walnuss blüht von April bis Mai und stellt Pollen und Honigtau zur Verfügung. Der Walnussbaum kann bis zu einer Höhe von 15 bis 25 Meter wachsen. (vgl. Trachtenfließband online 15.02. 2021)

Der Blütenstaub der echten Walnuss hat eine Korngröße von 43,5 bis 53,3 µm. Er ist heteropolar und pantoporat. Er verfügt über mindestens 6 Poren, welche mit einer Größe von 2 bis 4,5 µm und einer Vorwölbung gut sichtbar sind. Die Formelemente der Exine sind flach, rund, sehr klein und mehr oder weniger regelmäßig verteilt. (vgl. Beug 2015, S. 443f)

3.1.17 *Corydalis cava* (Hohler Lerchensporn)

Die Gattung *Corydalis* gehört zur Familie der Mohngewächse. Der Hohle Lerchensporn hat eine weiße oder violette Blüte. Seine Wuchshöhe kann zwischen 10 und 35 cm differieren. (Pflanzen-Vielfalt.net online 15.02.2021)

Das runde Pollenkorn des hohlen Lerchensorns gehört zur Gruppe der Pericolpatae. Es wird anhand von sechs in Dreiecken angeordneten Colpen identifiziert. Die Colpi sind lang und bis zu drei µm breit. Die Exine ist von größeren und kleineren Echini geprägt. Die Größe nimmt Maßen von 34,8 bis 44,5 µm ein. (vgl. Beug 2015, S. 406)

3.1.18 Übersicht

Anbei eine Tabelle, die eine Übersicht der bestimmten Trachtpflanzen darstellt:

Die Blütezeit spiegelt die Monate wider, in denen die Pflanze blüht. Die Ziffer 1 steht für Jänner, die Ziffer 12 für Dezember. Die Ziffer entspricht der Monatszahl. Die Ziffern der Spalten „Nektar- bzw. Pollenpracht“ sind wie folgt ausgelegt:

1 = gering 2 = mittel 3 = gut 4 = sehr gut

Anhand der Spalte „Honigtau“ ist abzulesen, ob die Pflanze Honigtau liefert und ob dieser auch von Bienen genutzt wird. Dies wird mit „X“ gekennzeichnet. (vgl. Maurizio, Grafl 1965, S. 41)

Bezeichnung (lateinisch)	Blüte Zeit, Farbe	Nektar	Pollen	Honigtau
<i>Brassica napus</i>	4 – 6 gelb	4	4	
<i>Crataegus sp.</i>	5 – 6 weiß	2	2	
<i>Prunus sp.</i>	4 – 5 weiß	4	4	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	5 – 6 weiß	3	2	
<i>Achillea millefolium</i>	6 – 10 weiß	1	1	
<i>Centaurea sp.</i>	6 – 8 rosa, pink	3	2	
<i>Crepis biennis</i>	5 – 9 gelb	2	2	
<i>Cichorium sp.</i>	6 – 8 blassblau-violett	3	3	

<i>Fragaria ananassa</i>	4 – 7 weiß	1	1	
<i>Cornus mas</i>	2 – 4 gelb	3	2	
<i>Tilia cordata</i>	6 – 7 weißlich-grün	2	1	
<i>Quercus robur</i>	4 – 6 grün-gelblich		3	X
<i>Fagopyrum esculentum</i>	6 – 10 weiß oder rosa	4	2 (3)	
<i>Cotinus coggygria</i>	5 – 7	2	1	
<i>Ranunculus ficaria</i>	3 – 9 gelb	1	1	
<i>Salvia pratensis</i>	6 – 8 violett	3	1	
<i>Pinus sp.</i>	5 – 6 rötlich		2	X
<i>Juglans regia</i>	4 – 5		2	X
<i>Corydalis cava</i>	3 – 9 violett oder weiß	1	3	

(vgl. Maurizio 1965, S. 41ff; Pritsch 2018, S. 259ff; Bienenweidekatalog 2019, S. 46ff⁶)

4 Conclusio

Trotz der Produktbezeichnung „Blütenhonig mit Buchweizen“, war nur ein Anteil von einem Prozent an Buchweizenpollen im Honig aufzufinden. Imker und Imkerinnen verlassen sich auf die Blütenstetigkeit ihres Bienenvolkes, weshalb sie oft ihre Magazine in der Nähe der gewünschten Bienenweide aufstellen. Trotzdem ist eine gewünschte Pollentracht niemals gewährleistet.

Eine Bevorzugung von Blütenfarbe oder Blütenbau durch die Honigbiene konnte nicht beobachtet werden. Außerdem war es ebenfalls nicht möglich auf die Erntezeit des Honigs zu schließen, da die gefundenen Arten die unterschiedlichsten Blühzeiten aufweisen.

Ein klares Ergebnis war bei dem Rückschluss von den bestimmten Pollenklassen auf die Umgebung des Bienenstockes festzustellen. Auf Nachfrage des Imkers, welche Pflanzen von seinen Bienenvölkern bevorzugt besucht werden, konnten eindeutige Überschneidungen der im Blütenhonig enthaltenen Pollen deklariert werden.

5 Quellen

5.1 Literatur

- Bertsch, Andreas (1975). Blüten – lockende Signale: Dynamische Biologie: Band 2. Otto Maier Verlag, Ravensburg
- Bertsch, Karl (1942). Lehrbuch der Pollenanalyse. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart
- Beug, H.-J. (2015). Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Dr. Friedrich Pfeil, München
- Bienenweidekatalog – Verbesserung der Bienenweide und des Artenreichtums (2019). Verlag Paderborn, Stuttgart
- Drucker, S.C., Knox R.B. (1985). Pollen und Pollination: A Historical Review. International Association for Plant Taxonomy (IAPT), Vol. 34, S. 401 – 419.
- Edwards, Dianne, Bassett, Michael G. & Rogerson, E. Catherine W. (1979) The earliest vascular land plants: continuing the search for proof. *Lethaia*, Vol. 12, S. 313-324. Oslo
- Gerrienne P., Dilcher D.L., Bergamaschi S., Milagres I., Pereira E., Rodrigues M.A.C., (2006). An exceptional specimen of the early land plant *Cooksonia paranensis*, and a hypothesis on the life cycle of the earliest eutracheophytes. *Review of Palaeobotany and Palynology* 142, S. 125.
- Halbritter H., Ulrich S., Grímsson F., Weber M., Zetter R., Hesse M., Buchner R., Svojtka M., Frosch-Radivo A. (2018). Illustrated Pollen Terminology: Second Edition. Springer, Cham (Schweiz)

- Hèritier, Florent (2016). Vergleich von Bienenhonig aus Muttenz (BL) und Ghiera (TI): geographische und botanische Herkunftsbestimmung mittels Honigpollenanalyse (Melissopalynologie) und Pflanzenkartierung. Mitteilung der Naturforschenden Gesellschaft beider Basel, Band 16, S. 123 – 132.
- Hess, D. (2005). Systematische Botanik. Eugen Ulmer KG, Stuttgart
- Hess, M., Ulrich, S. (2012). Pollen: Erstaunliche Schönheit, verblüffte Vielfalt. Biologie in unserer Zeit, Vol. 42, S. 1 – 8.
- Klaus, Wilhelm (1987). Einführung in die Paläobotanik: fossile Pflanzenwelt und Rohstoffbildung: Band 1: Grundlagen – Kohlebildung – Arbeitsmethoden einschließlich Palynologie. Deuticke, Wien
- Leins, P., Erbar, C. (2008). Blüte und Frucht: Morphologie, Entwicklungsgeschichte, Phylogenie, Funktion und Ökologie. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart
- Mohl, v. H. (1834). Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse: Erstes Heft, Über den Bau und die Formen der Pollenkörner. Fischer und Comp, Bern
- Pritsch, G. (2018). Bienenweide: 220 Trachtpflanzen erkennen & bewerten. Franckh-Kosmos-Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart
- Seeley, Thomas D. (2015). Bienendemokratie: Wie Bienen kollektiv entscheiden. Fischer, Frankfurt am Main
- Severin, H. (1986). Sputtern: Die Erzeugung dünner Schichten. Physik in unserer Zeit, Nr. 3, S. 71f

- Stolzenberg, Tobias (2015). Die Honigbiene – das vielleicht kleinste Nutztier der Welt. *Biologie in unserer Zeit*, Vol. 45 (5), S. 341 – 342
- Straka, Herbert (1973). Pollenanalyse. *Biologie in unserer Zeit*, Vol. 3 (2), S. 50 – 59.
- Strauß, E., Novak R. (1998). *Obstbau Praxis: Anlage – Pflege – Ernte – Lagerung – Sorten*. Österreichischer Agrarverlag, Klosterneuburg
- Tautz, J., Hülswitt, T. (2019). *Das Einmaleins der Honigbiene: 66 x Wissen zum Mitreden und Weitererzählen*. Springer, Berlin
- Tautz, J., Steen, D. (2019). *Die Wunderwelt der Bienen: Ein Rundgang durch die Honigfabrik*. Pinguinverlag, München
- Weber, Martina (2012). *CSI an der Universität Wien – Gastbeitrag der Fakultät für Lebenswissenschaften (Vortrag 05.11.2012)*. Universität Wien, Wien

5.2 Internetquellen

- Baumkunde.de (2004 – 2021): URL: https://www.baumkunde.de/Cotinus_coggygria/ Stand am 01.03.2021
- Baumschule Horstmann (2005 – 2021): URL: <https://www.baumschule-horstmann.de/familie/harriegelgewaechse> Stand am 01.03.2021

- Beecareful. Eine Initiative der Schwartauer Werke (o.J.):URL:
<http://www.bee-careful.com/de/bienenleben/honigbiene/>
Stand am 13.04.2020
- Boigenzahn, Christian (2009 – 2020): Biene Österreich: URL:
<https://www.biene-oesterreich.at/daten-und-zahlen+2500++1000247> Stand am 14.04.2020
- PalDat – A Palynological Database (2021): URL: www.palдат.org
Stand am 15.02.2021
- Pflanzen-Vielfat.net – Wildkräuter, Bäume & Co: URL:
<https://www.pflanzen-vielfalt.net/wildpflanzen-a-z/übersicht-i-p/lerchensporn-hohler/> Stand am 15.02.2021
- Rechtsinformationssystem des Bundes – Bundesrecht konsolidiert:
Gesamte Rechtsvorschrift für Honigverordnung: URL:
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003174> Stand am 20.04.2020
- Trachtenfließband: URL:
<https://www.trachtfliessband.de/pflanzen/walnuss-juglans-regia>
Stand am 15.02.2021
- Universität Bern: URL:
<http://www.botany.unibe.ch/paleo/pollen/oeffnungstypen.htm>
Stand am 10.04.2020

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Erste Pollenzeichnungen von Nehemiah Grew (Halbritter et al 2018).....	4
Abbildung 2 - <i>Cooksonia paranensis</i> from the Early Devonian of the Paraná Basin (Brazil) (Gerrienne et al 2006).....	7
Abbildung 3 - Aufbau eines Pollenkorns (Klaus 1987).....	9
Abbildung 4 - 19: Universität Bern online am 20.04.2020:	
Abbildung 4 - monocolpat Abbildung 5 – monoporat.....	10
Abbildung 6 - dicolpat Abbildung 7 - diporat.....	11
Abbildung 8 - tricolpat Abbildung 9 - triporat Abbildung 10 - tricolporat.....	11
Abbildung 11 - stephanocolpat Abbildung 12 - stephanoporat Abbildung 13 - stephanocolporat	11
Abbildung 14 - pericolpat Abbildung 15 - periporat Abbildung 16 - pericolpat	11
Abbildung 17 - Heterocolpat Abbildung 18 - fenestrat Abbildung 19 - syncolpat.....	12
Abbildung 20 - Schlaugbaum-Mechanismus bei <i>Salvia pratensis</i> (Hess 2005)	38

7 Tafeln

Tafel I

Abbildung A – D: ***Achillea millefolium***

Abbildung A: LM, polar view

Abbildung B: LM, polar view

Abbildung C: REM, dry pollen grain in equatorial view

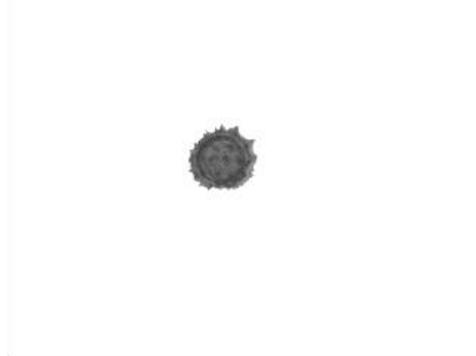
Abbildung D: REM, exine surface

Tafel I

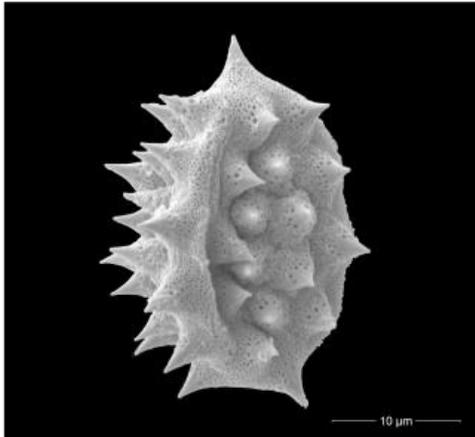
A



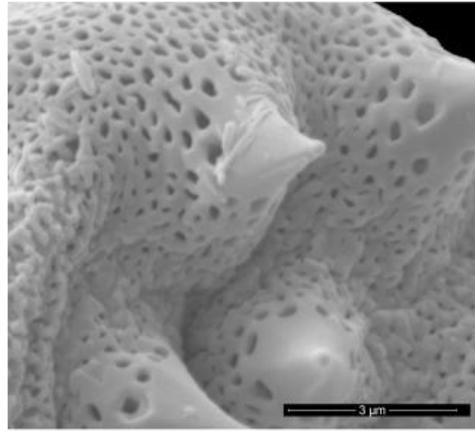
B



C



D



Tafel II

Abbildung A – D: ***Centaurea sp.***

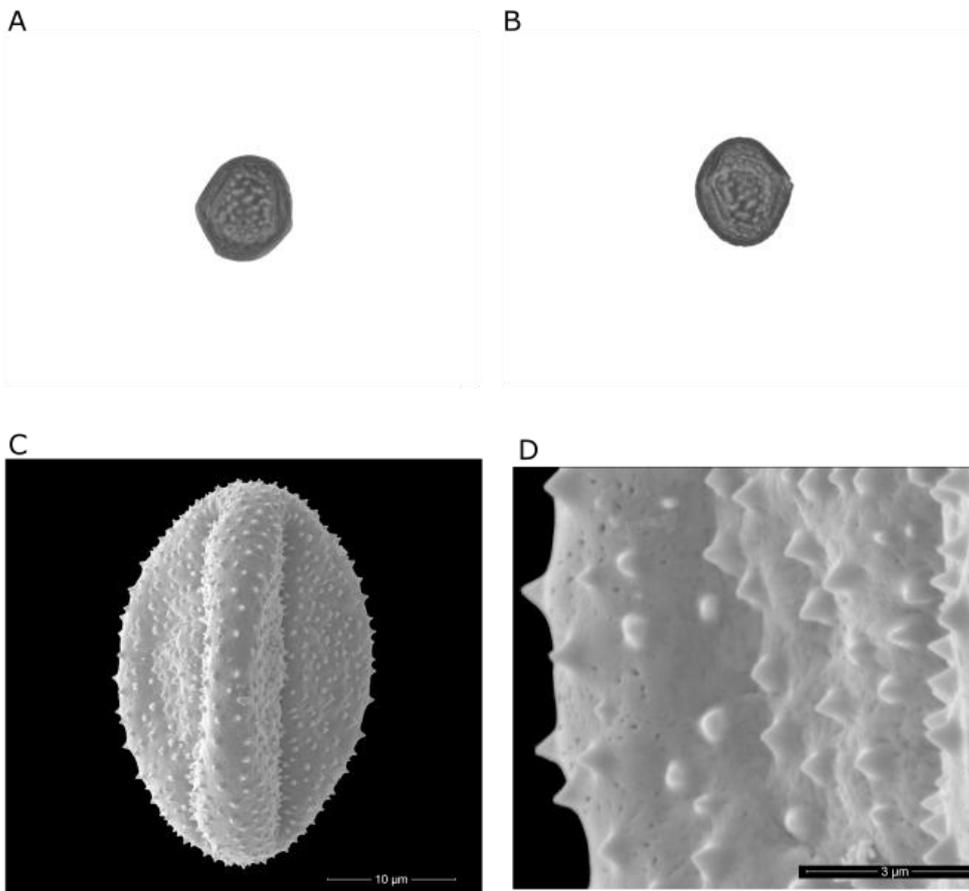
Abbildung A: LM, slightly oblique equatorial view

Abbildung B: LM, slightly oblique equatorial view

Abbildung C: REM, dry pollen grain in equatorial view

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel II



Tafel III

Abbildung A – E: ***Crepis biennis***

Abbildung A: LM, polar view

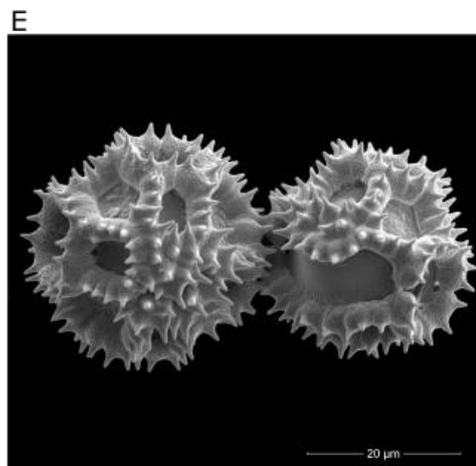
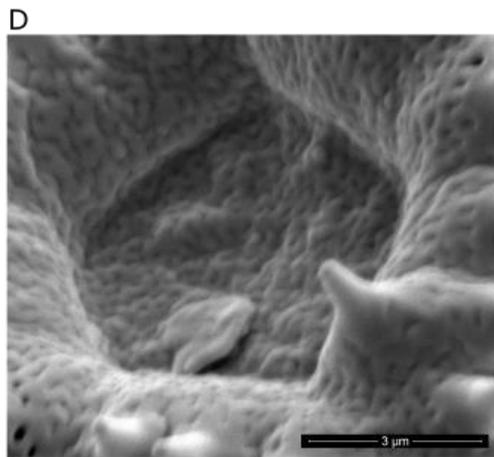
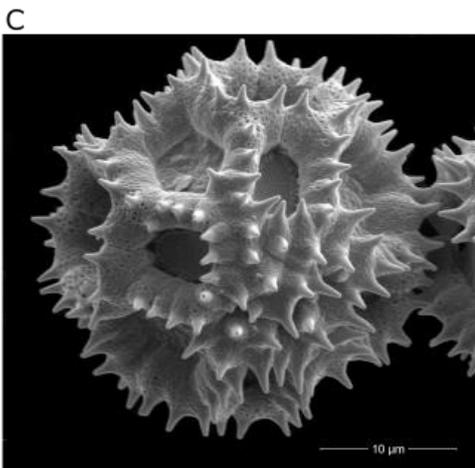
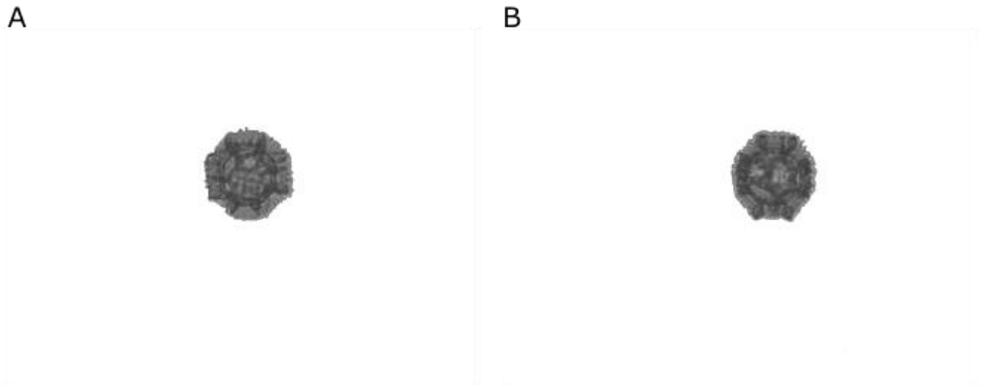
Abbildung B: LM, equatorial view

Abbildung C: REM, dry pollen grain in slightly oblique polar view

Abbildung D: REM, exine surface

Abbildung E: REM, dry pollen grains

Tafel III



Tafel IV

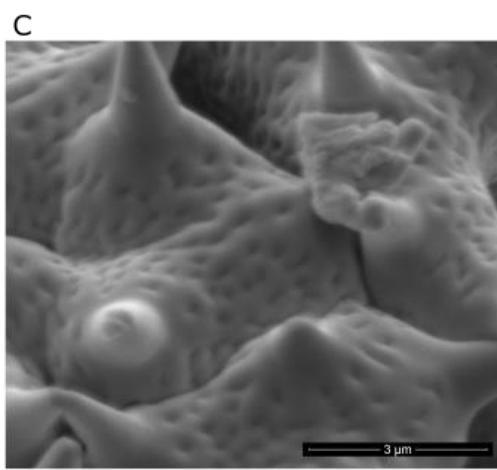
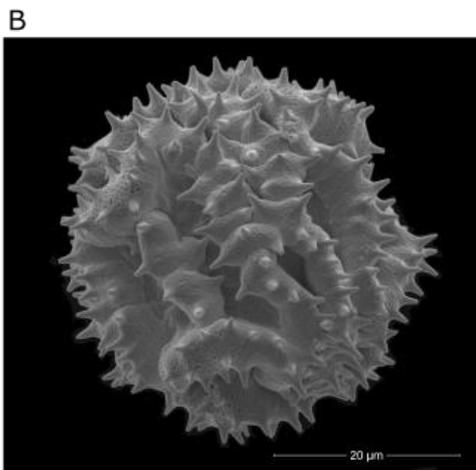
Abbildung A – C: ***Cichorium sp.***

Abbildung A: LM, polar view

Abbildung B: REM, dry pollen grain

Abbildung C: REM, exine surface

Tafel IV



Tafel V

Abbildung A – D: ***Quercus robur***

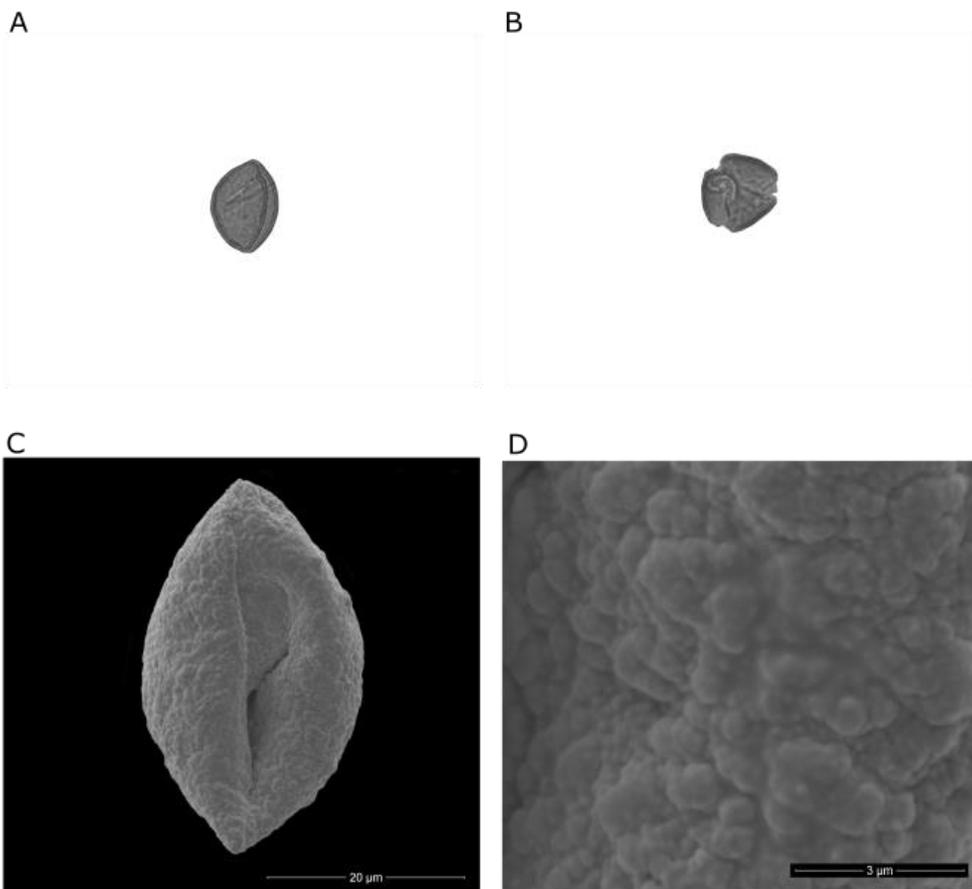
Abbildung A: LM, equatorial view

Abbildung B: LM, slightly oblique polar view

Abbildung C: REM, dry pollen grain in equatorial view

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel V



Tafel VI

Abbildung A – D: ***Quercus robur***

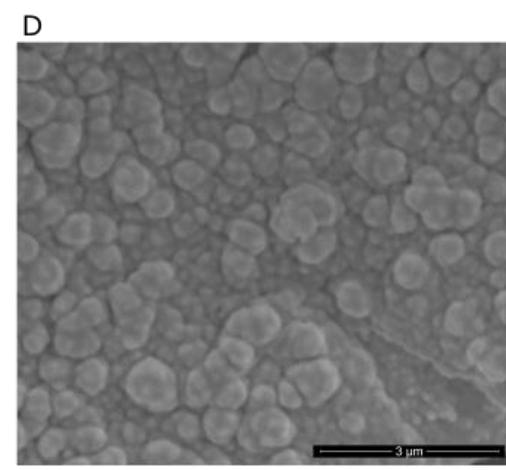
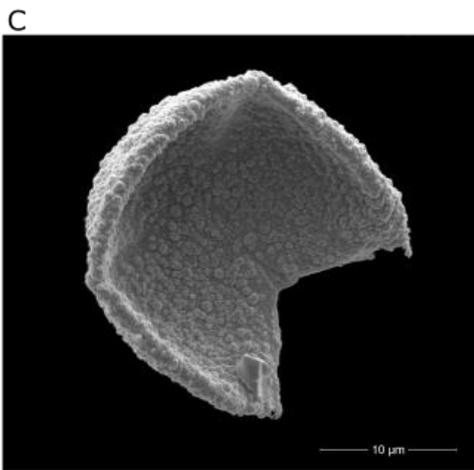
Abbildung A: LM, slightly oblique polar view

Abbildung B: LM, equatorial view

Abbildung C: REM, dry broken pollen grain

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel VI



Tafel VII

Abbildung A – D: ***Tilia cordata***

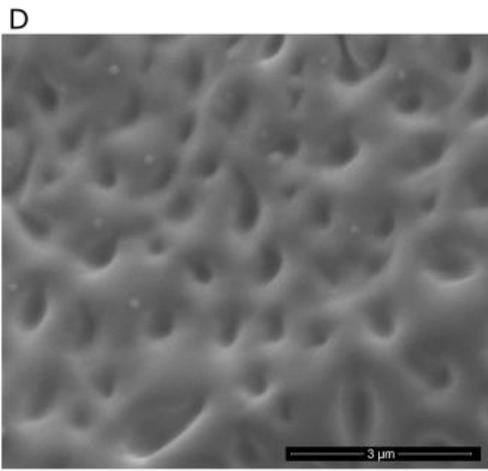
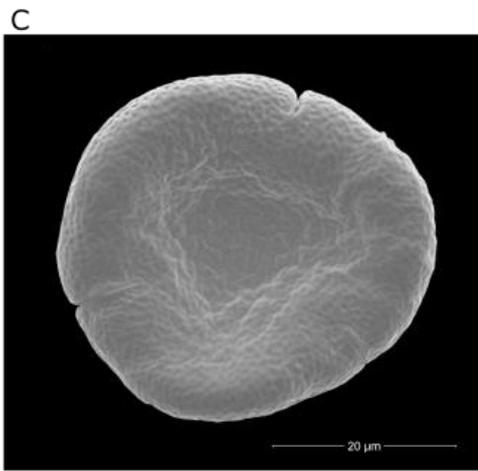
Abbildung A: LM, polar view

Abbildung B: LM, equatorial view

Abbildung C: REM, dry pollen grain in polar view

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel VII



Tafel VIII

Abbildung A – D: ***Juglans regia***

Abbildung A: LM, polar view

Abbildung B: LM, slightly oblique equatorial view

Abbildung C: REM, pollen grain in polar view

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel VIII

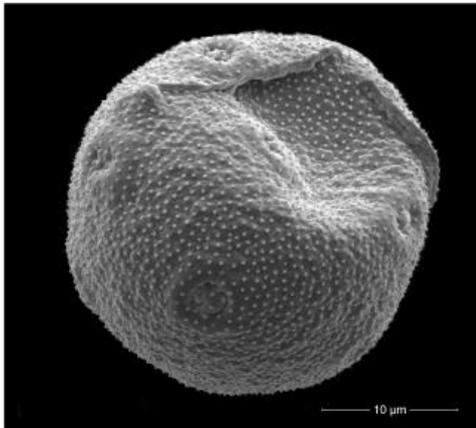
A



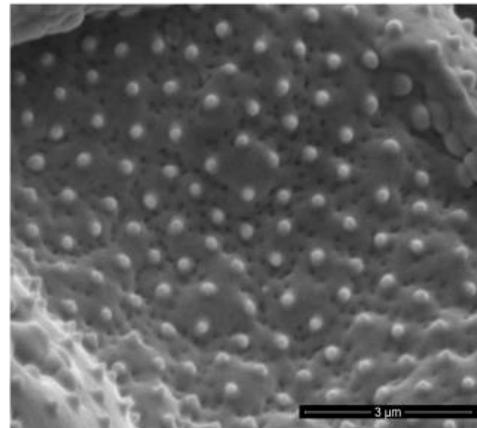
B



C



D



Tafel IX

Abbildung A – E: ***Aesculus hippocastanum***

Abbildung A: LM, slightly oblique equatorial view

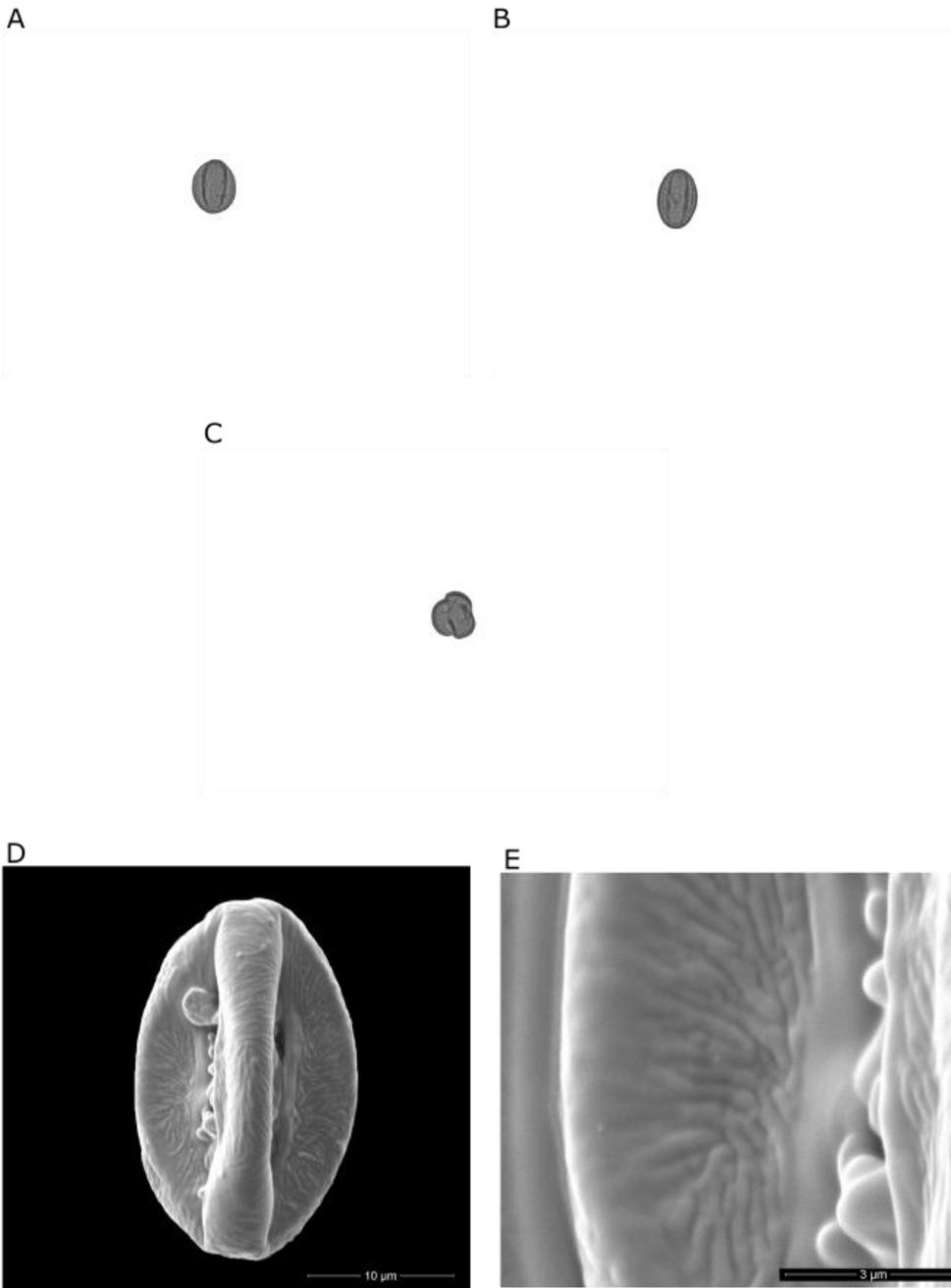
Abbildung B: LM, equatorial view

Abbildung C: LM, polar view

Abbildung D: REM, dry pollen grain in equatorial view

Abbildung E: REM, exine surface

Tafel IX



Tafel X

Abbildung A – E: ***Cotinus coggygria***

Abbildung A: LM, slightly oblique equatorial view

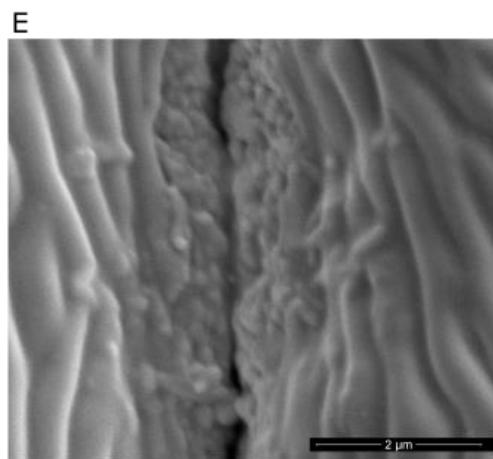
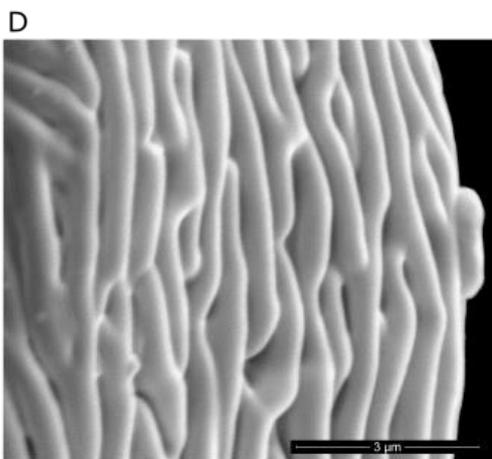
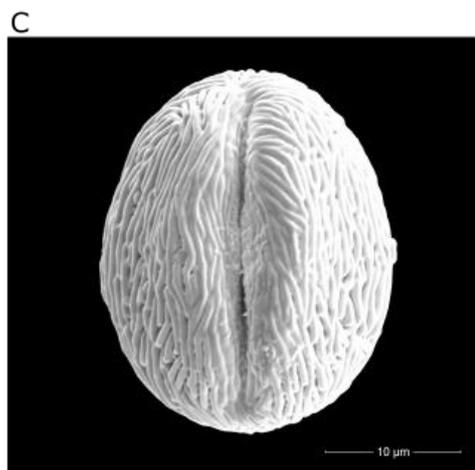
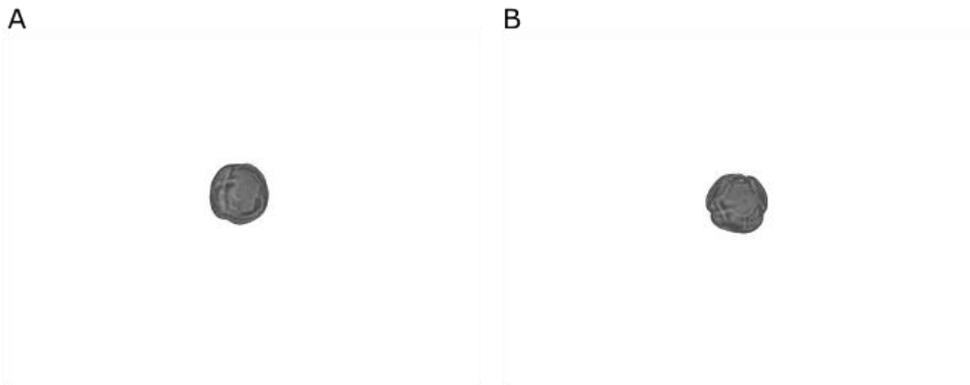
Abbildung B: LM, slightly oblique polar view

Abbildung C: REM, pollen grain in equatorial view

Abbildung D: REM, exine surface

Abbildung E: REM, aperture

Tafel X



Tafel XI

Abbildung A – D: ***Pinus sp.***

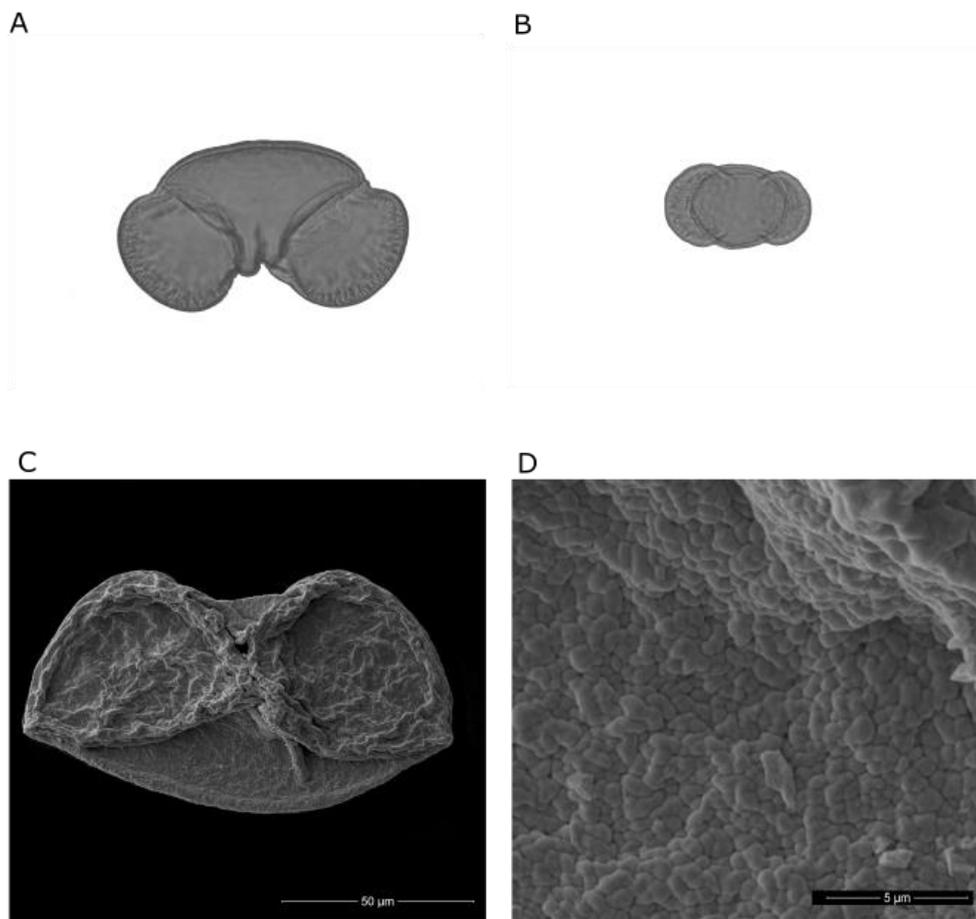
Abbildung A: LM, slightly oblique polar view

Abbildung B: LM, polar view (distal)

Abbildung C: REM, dry broken pollen grain in polar view

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel XI



Tafel XII

Abbildung A – E: ***Prunus sp.***

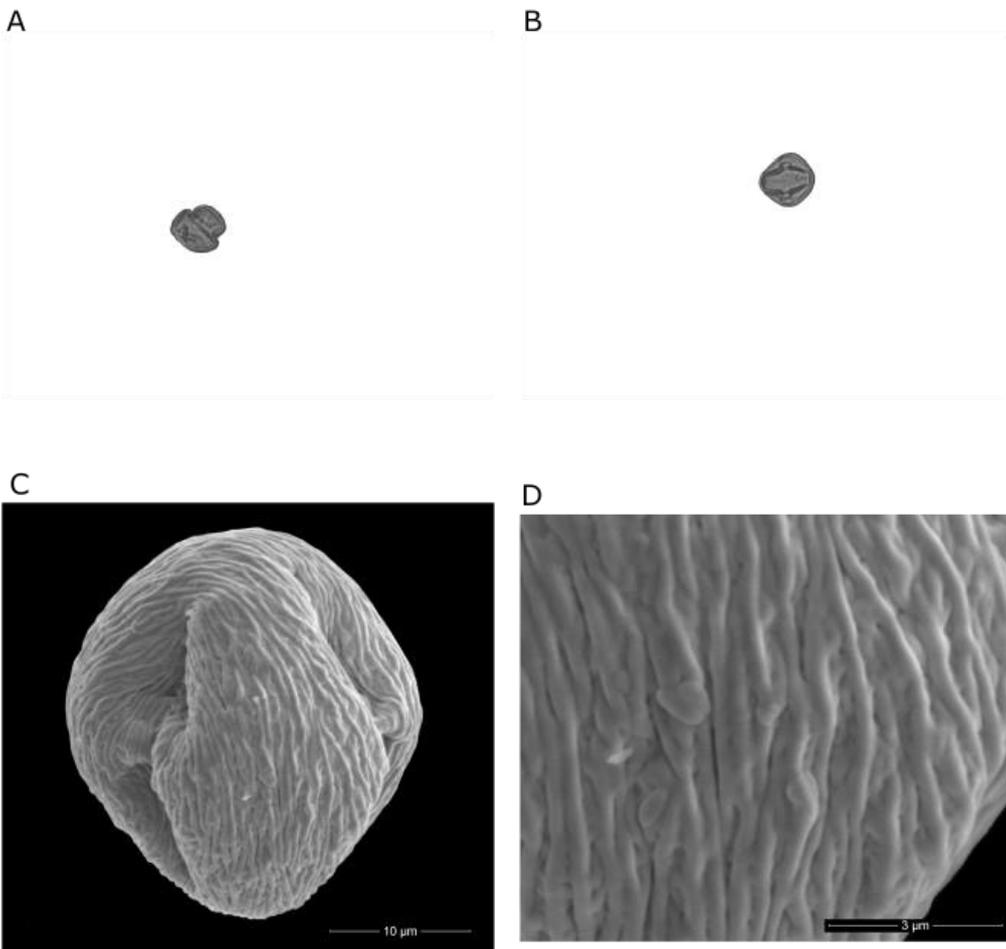
Abbildung A: LM, slightly oblique polar view

Abbildung B: LM, slightly oblique equatorial view

Abbildung D: REM, dry pollen grain in equatorial view

Abbildung E: REM, exine surface

Tafel XII



Tafel XIII

Abbildung A – D: ***Cornus mas***

Abbildung A: LM, equatorial view

Abbildung B: LM, slightly oblique equatorial view

Abbildung C: REM, pollen grain in equatorial view

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel XIII

A



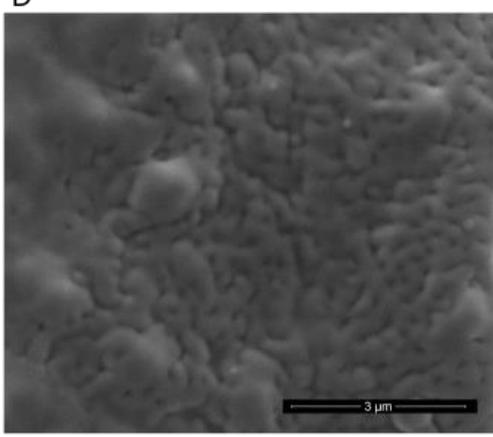
B



C



D



Tafel XIV

Abbildung A – E: ***Crataegus sp.***

Abbildung A: LM, polar view

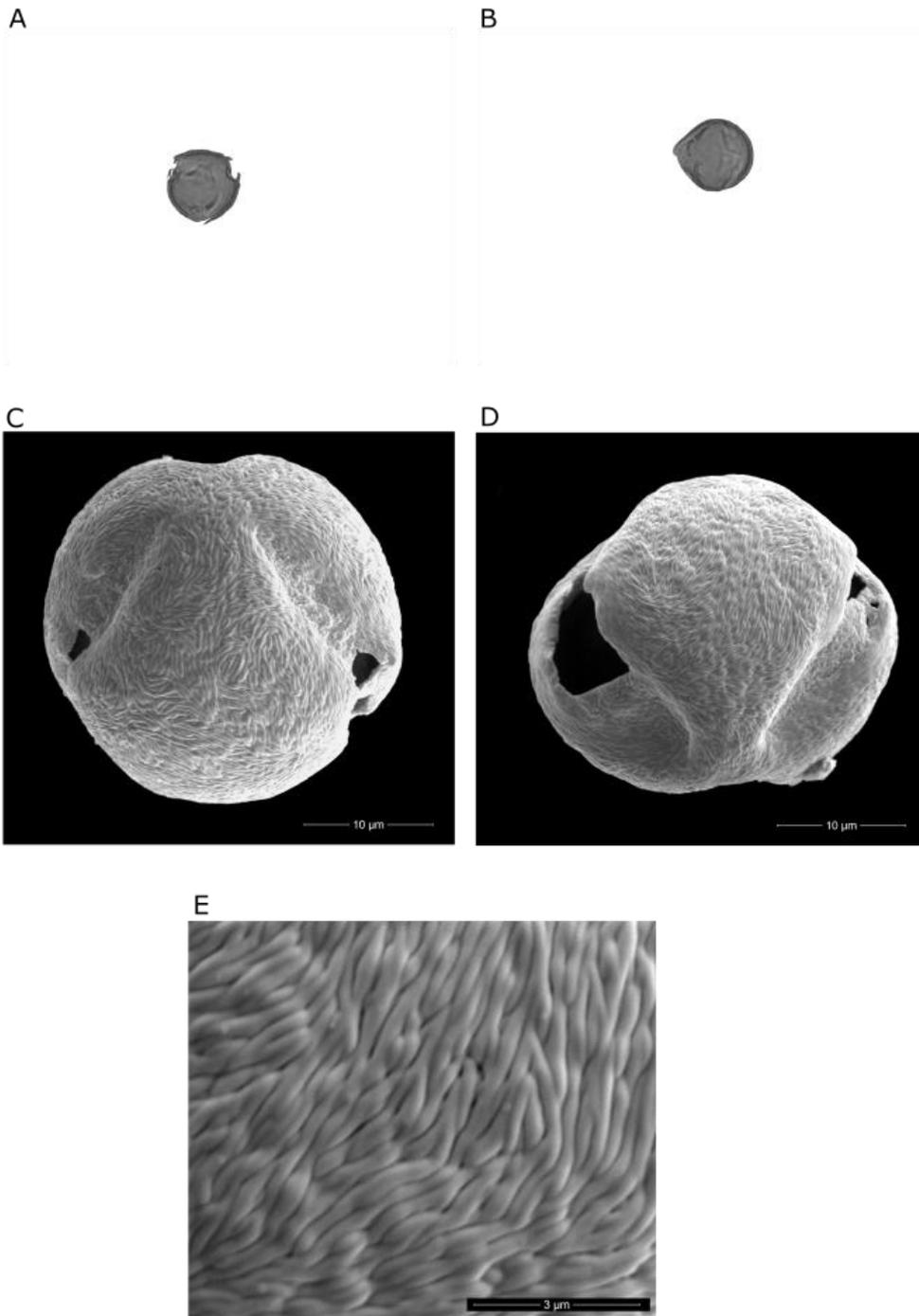
Abbildung B: LM, slightly oblique equatorial view

Abbildung C: REM, pollen grain in equatorial view

Abbildung D: REM, pollen grain in slightly oblique polar view

Abbildung E: REM, exine surface

Tafel XIV



Tafel XV

Abbildung A – D: ***Ranunculus ficaria***

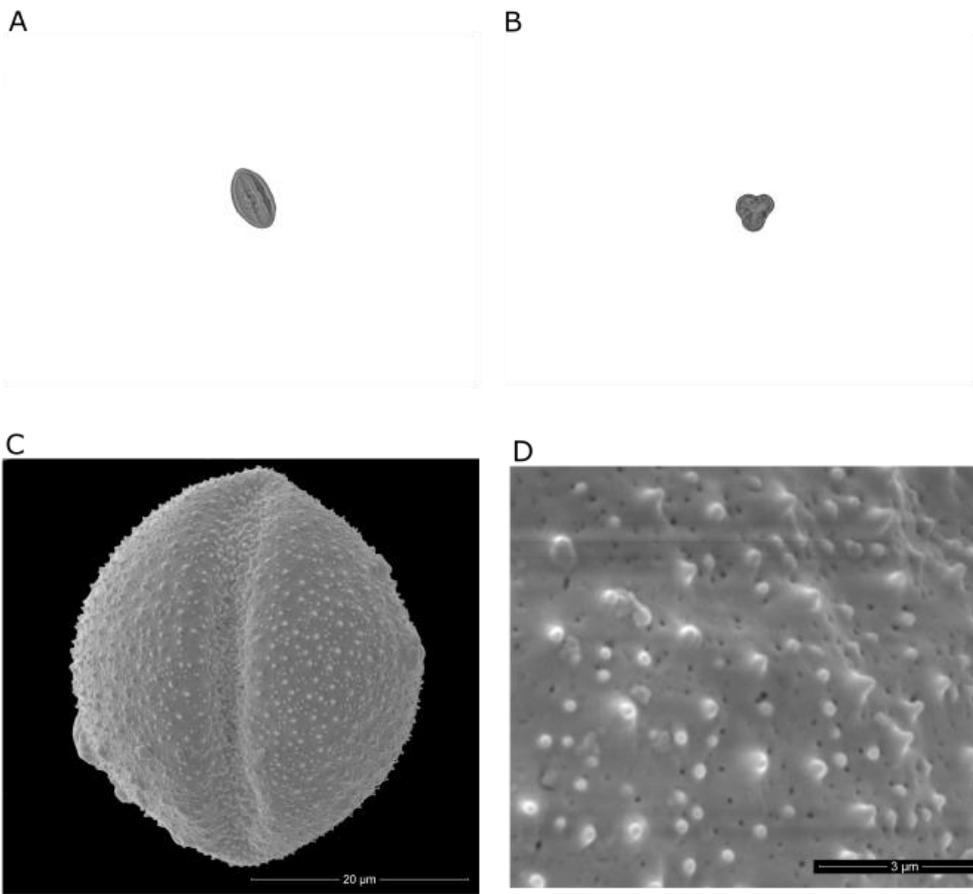
Abbildung A: LM, slightly oblique equatorial view

Abbildung B: LM, polar view

Abbildung C: REM, dry pollen grain in equatorial view

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel XV



Tafel XVI

Abbildung A – E: ***Salvia pratensis***

Abbildung A: LM, slightly oblique polar view

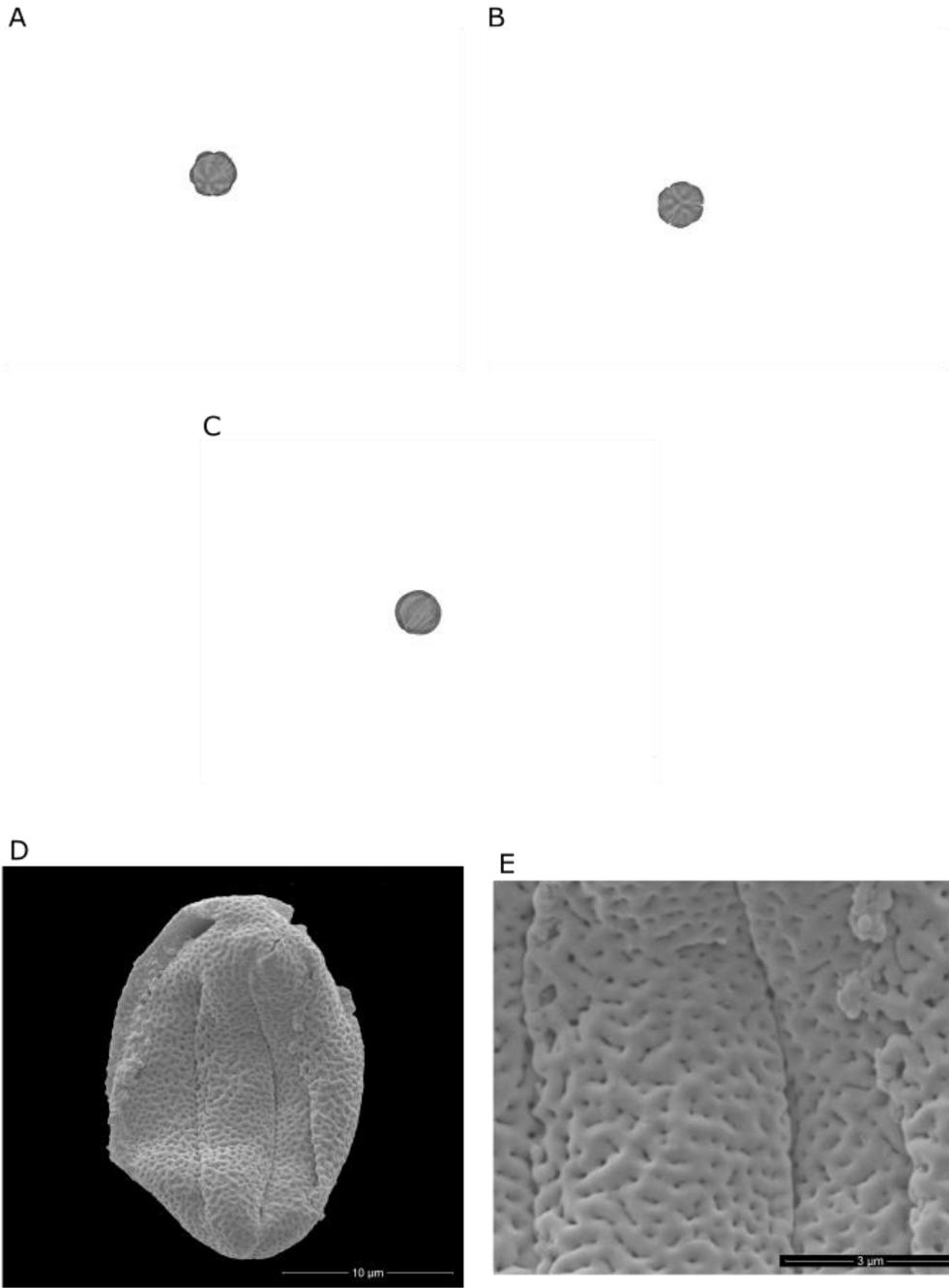
Abbildung B: LM, polar view

Abbildung C: LM, slightly oblique equatorial view

Abbildung D: REM, dry broken pollen grain in equatorial view

Abbildung E: REM, exine surface

Tafel XVI



Tafel XVII

Abbildung A – D: ***Corydalis cava***

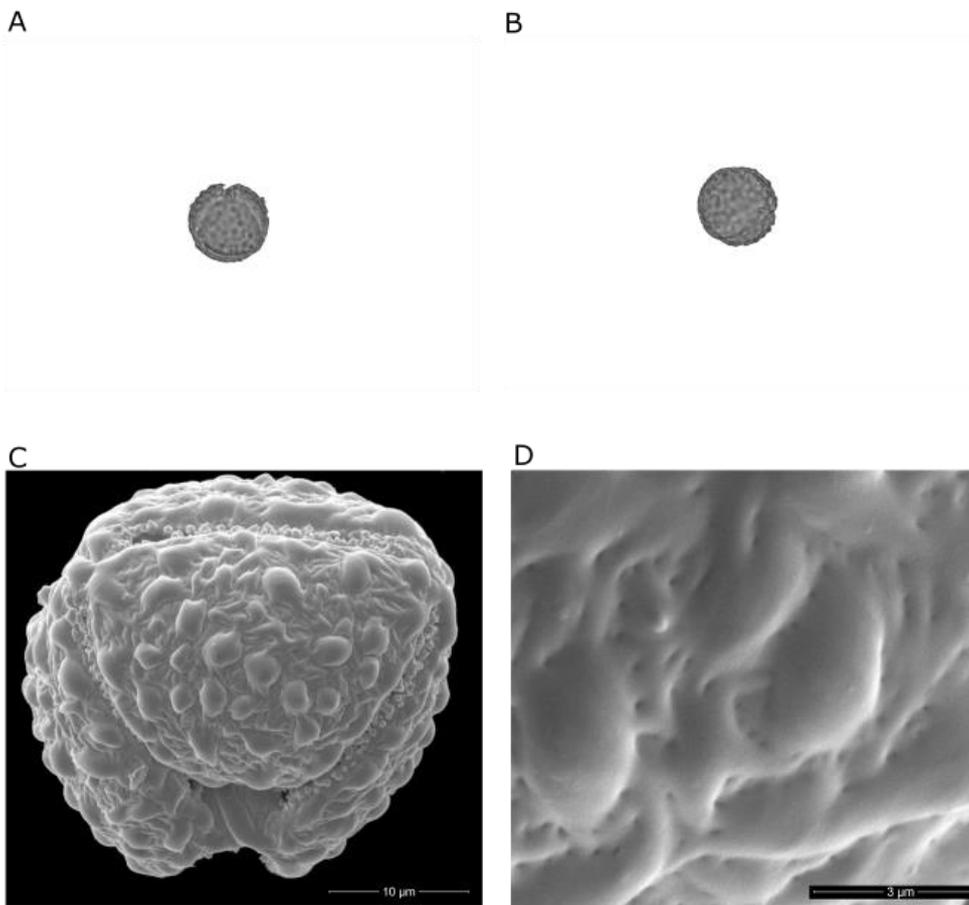
Abbildung A: LM, polar view

Abbildung B: LM, slightly equatorial view

Abbildung C: REM, dry pollen grain

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel XVII



Tafel XVIII

Abbildung A – E: ***Brassica napus***

Abbildung A: LM, polar view

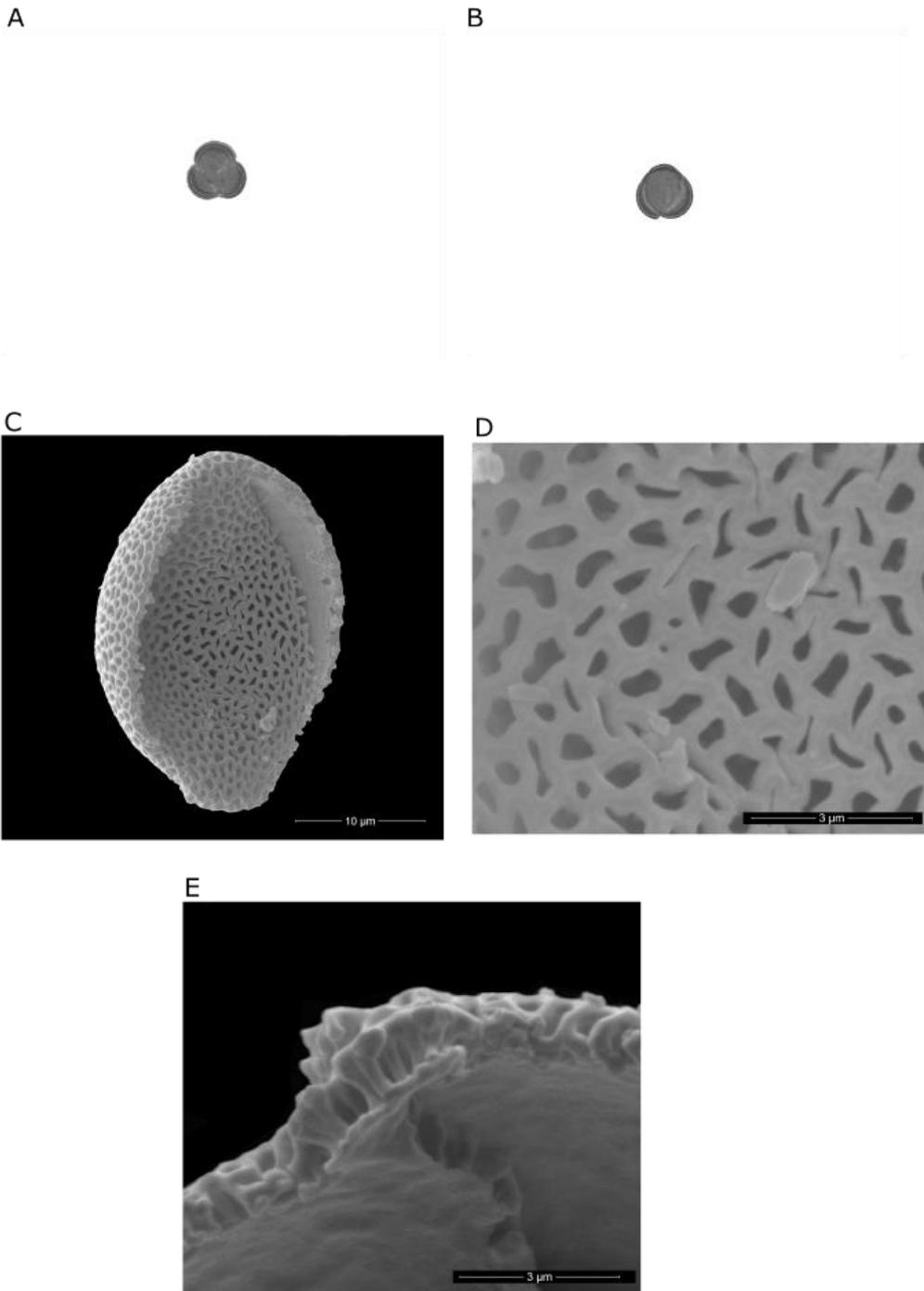
Abbildung B: LM, equatorial view

Abbildung C: REM, dry broken pollen grain in equatorial view

Abbildung D: REM, exine surface

Abbildung E: REM, exine

Tafel XVIII



Tafel XIX

Abbildung A – D: ***Fragaria ananassa***

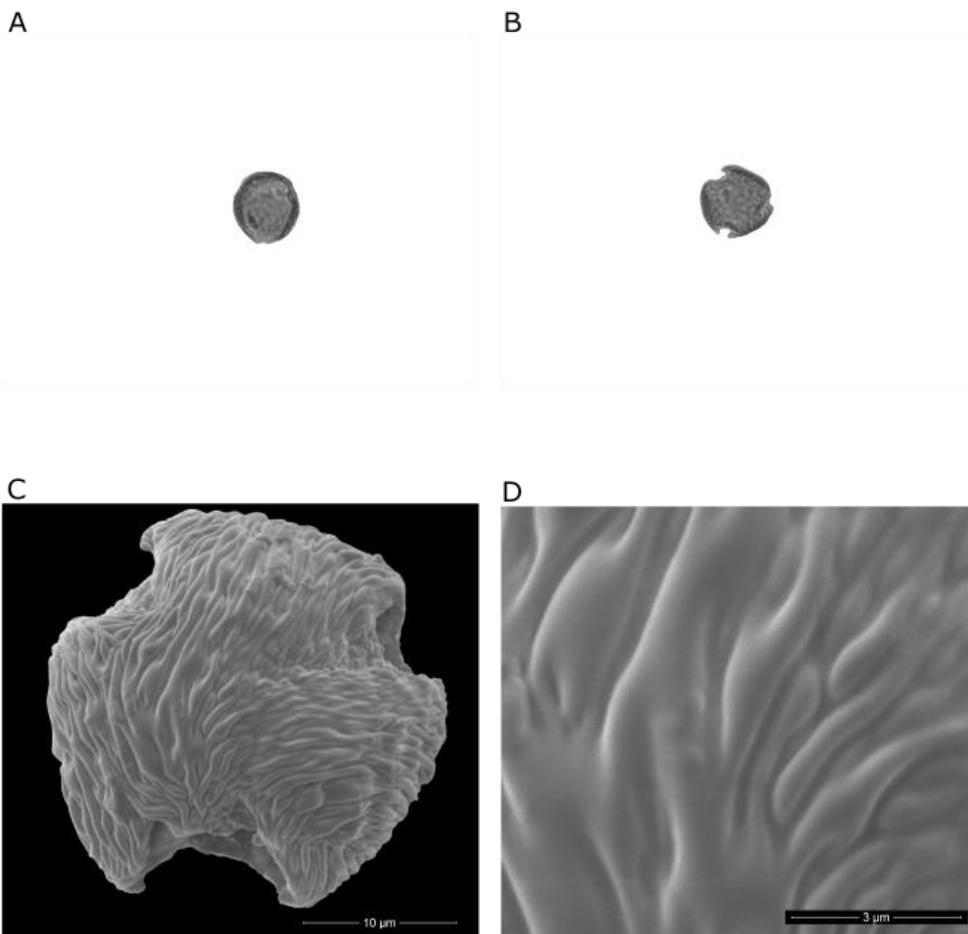
Abbildung A: LM, slightly oblique equatorial view

Abbildung B: LM, polar view

Abbildung C: REM, dry pollen grain in equatorial view

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel XIX



Tafel XX

Abbildung A – D: ***Rosaceae gen. indet. sp. 1***

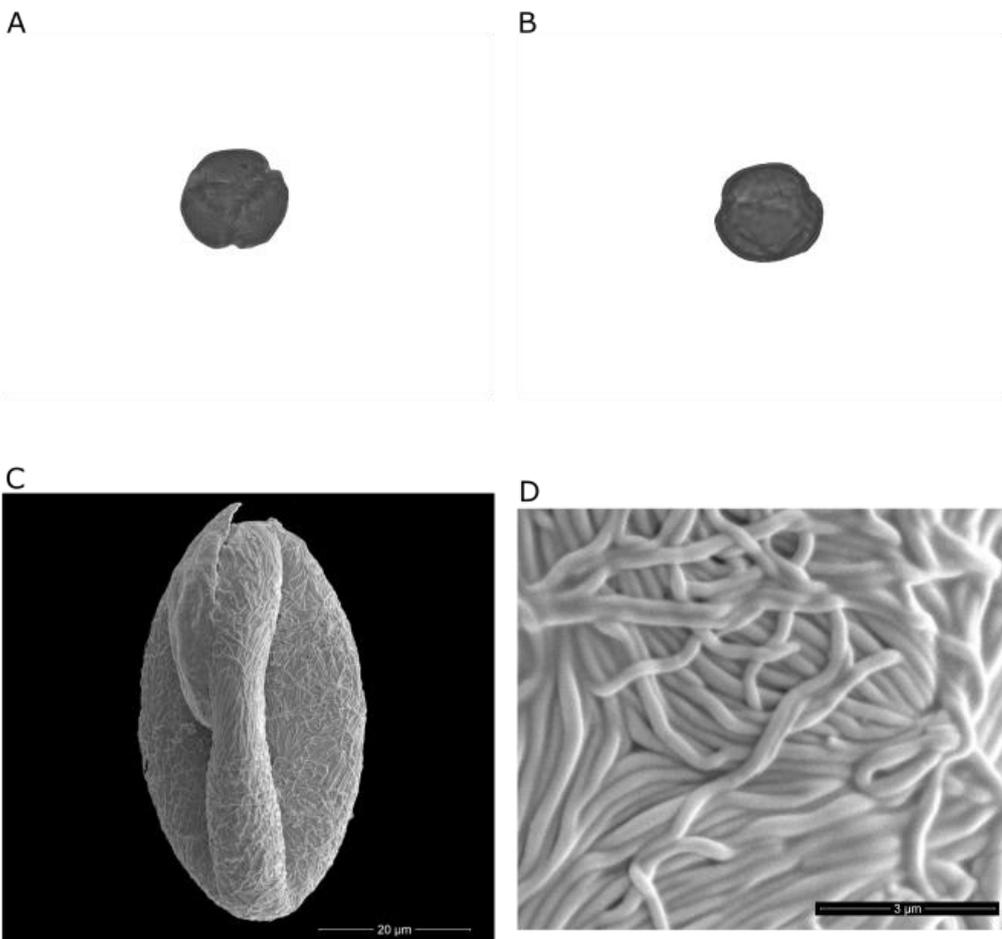
Abbildung A: LM, polar view

Abbildung B: LM, slightly oblique equatorial view

Abbildung C: REM, dry pollen grain in equatorial view

Abbildung D: REM, exine surface

Tafel XX



Tafel XXI

Abbildung A – D: ***Fagopyrum esculentum***

Abbildung A: LM, equatorial view

Abbildung B: LM, slightly oblique polar view

Tafel XXI

A



B

