

Morphologie und Anatomie von Früchten und Fruchtständen

1 Einleitung

Im Gegensatz zu den Gymnospermen (Nacktsamern), bei denen die Samenanlagen "nackt" auf den Samenschuppen exponiert werden, sind die Samenanlagen der Angiospermen (Bedecktsamer) von einem Fruchtblatt (**Karpell**) umgeben und in einen Fruchtknoten eingeschlossen. Die Karpelle bilden die Fruchtwand, das Perikarp. Dieses gliedert sich in ein äußeres (**Exokarp**), ein inneres Abschlussgewebe (**Endokarp**) und das zwischen beiden Schichten liegende **Mesokarp**.

Die Fruchtblätter verändern sich mit zunehmender Samenreife in Größe, Form und Struktur. Bau und Konsistenz der Frucht ist dabei von einer Vielzahl von Faktoren abhängig wie z. B. dem Bau der Fruchtwand oder dem späteren Öffnungsmechanismus. Neben dem Gynoeceum (Gesamtheit aller Fruchtblätter einer Blüte) können auch weitere Organe an der Fruchtbildung beteiligt sein wie z. B. Blütenachsen oder Tragblätter. Die Frucht stellt die **Blüte zum Zeitpunkt der Samenreife** dar.

Um eine spätere Konkurrenz der Keimlinge untereinander zu vermeiden bzw. zu minimieren, ist es von Vorteil, wenn die Samen bereits vor dem Freiwerden räumlich voneinander getrennt und vor allem später auch separat entlassen werden. Am einfachsten kann dies durch die getrennte Öffnung der einzelnen Karpelle während der Samenreife erfolgen, wie es bei zahlreichen ursprünglichen Angiospermen (Bedecktsamer) der Fall ist (z. B. Magnolia, Magnolien). Außerdem sollten/dürfen sie nicht in der Frucht keimen. In den stärker abgeleiteten Angiospermen-Gruppen kommen verschiedene Synorganisationen vor, bei denen ganze Früchte (z. B. Rubus, Brombeere) oder Fruchtstände (z.B. Kletten, *Arctium*, Klette und *Xanthium*, Spitzklette) als eine funktionelle Einheit im Dienst der Ausbreitung stehen.

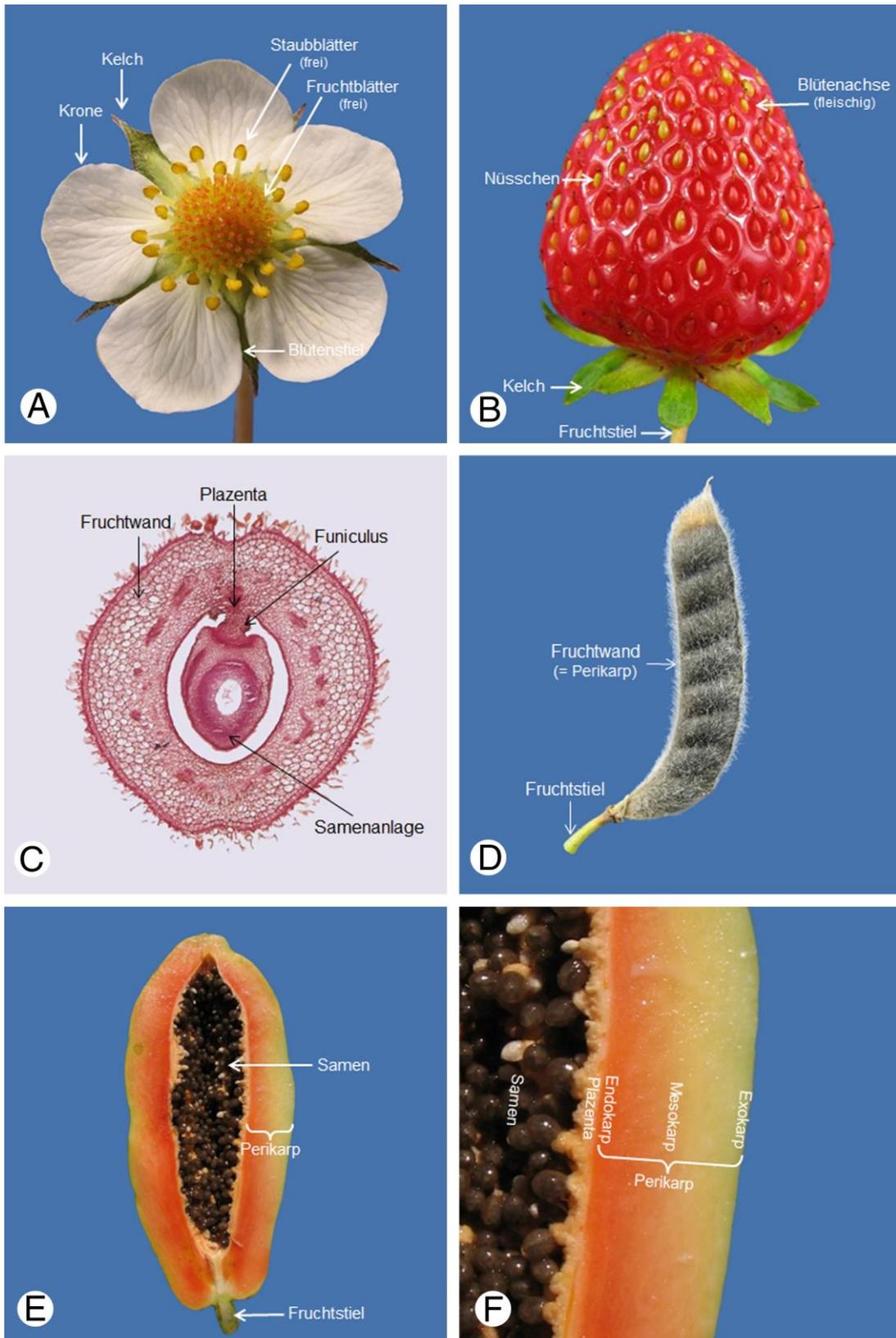


Abb. 1: Fruchtmerkmale; die Frucht ist die Blüte zum Zeitpunkt der Samenreife; **A & B:** *Fragaria xananassa* (Garten-Erdbeere); **A:** Blüte; **B:** Frucht; **C & D:** *Lupinus polyphyllus* (Vielblättrige Lupine); bei Angiospermen (Bedecktsamern) sind die Samenanlagen vom Fruchtblatt (Karpell) vollständig umgeben und so in einem Fruchtknoten eingeschlossen (Unterschied Nacktsamer!); Fruchtblatt bildet die spätere Fruchtwand (Perikarp); **C:** Querschnitt durch einen Fruchtknoten zum Zeitpunkt der Bestäubung; Samenanlagen vollständig vom Fruchtblatt umschlossen; **D:** Reife Frucht; **E & F:** *Carica papaya* (Papaya); **E:** Reife Frucht im Längsschnitt; **F:** Fruchtwand (Perikarp), besteht aus 3 Schichten; Exokarp = äußeres Abschlussgewebe; Endokarp = inneres Abschlussgewebe; Mesokarp = Zwischenschicht.

2 Einteilungen von Früchten

Eine Typologie der Fruchtformen kann entweder unter **morphologischen** oder **funktionellen** Gesichtspunkten erfolgen. In der morphologischen Einteilung wird nach Anzahl und Verwachsung der beteiligten Karpelle unterteilt, in der funktionellen Einteilung danach, ob die Samen bei der Reife entlassen werden oder umschlossen bleiben. Die Einteilung nach Aufbau des Perikarps in Trockenfrüchte (Fruchtwand trocken bis verholzt) und Saftfrüchte (Fruchtwand mehr oder weniger fleischig) wird nicht so häufig angewandt. Bei der Unterscheidung von Nuss, Steinfrucht und Beere ist diese Einteilung jedoch bedeutsam.

2.1 Funktionelle Einteilung von Früchten

Bei der Klassifizierung der Früchte nach funktionellen Gesichtspunkten wird im Gegensatz zu der morphologischen Einteilung zunächst nicht nach dem Verwachsungsgrad der Karpelle unterschieden. Hierbei wird vielmehr bewertet, ob sich die Früchte bei der Samenreife öffnen und den Samen entlassen (**Öffnungsfrüchte**), oder ob sie geschlossen bleiben und die Samen in der Frucht eingeschlossen ausgebreitet werden (**Schließfrüchte**).

Zu den Öffnungsfrüchten werden Balg, Hülse, Schote und Kapsel gestellt. Zu den Schließfrüchten zählen Steinfrucht, Beere, Nuss. Zahlreiche Schließfrüchte werden, sofern sie nicht gefressen werden, einzeln oder als ganzer Fruchtverband abgeworfen. Dieser Abwurf ist ein aktiver Prozess, der über ein speziell ausgebildetes Abszissionsgewebe erfolgt.

2.2 Morphologische Einteilung von Früchten

2.2.1 Grundformen

In der morphologischen Klassifizierung wird zwischen apokarpen und coenokarpen Früchten unterschieden. **Apokarpe Früchte**, bestehen nur aus einem Karpell (z. B. Balg, Hülse, einige Nussformen, Beere und Steinfrucht), oder es sind Früchte, bei denen zwar mehrere Fruchtblätter vorhanden sind, welche aber nicht miteinander verwachsen sind (z. B. Sammelbalgfrucht der Sumpfdotterblume, Sammelnussfrucht der Erdbeere und Sammelsteinfrucht der Himbeere). **Coenokarpe Früchte** sind Früchte, bei denen mehrere Karpelle zu einem gemeinsamen Fruchtknoten bzw. einer gemeinsamen Frucht verwachsen sind. Hierzu gehören Kapseln und der größte Teil der Beeren, Steinfrüchte und Nussfrüchte.

Tab. 1: Öffnungsfrüchte; Übersicht über die verschiedenen Fruchttypen.

Typ	Anzahl der Karpelle	Bau und Beispiele
Balg	eins	öffnet sich nur entlang der Bauchnaht (z.B. Rittersporn);
-- Sammelbalgfrucht	mehrere	einzelne nicht verwachsene Karpelle einer Blüte öffnen sich entlang der jeweiligen Bauchnaht (z. B. Akelei);
Hülse	eins	öffnet sich an Bauch- und Rückennaht (z. B. Bohne);
-- Gliederhülse	eins	Karpell zerfällt in einzelne Teilfrüchte (z. B. Hufeisenklee);
-- Rahmenhülse	eins	Dorsal- und Ventralnaht bleiben nach dem Zerfall der Frucht als Rahmen bestehen (z. B. Sinnpflanze);
Kapsel	mehrere	sich auf unterschiedliche Art und Weise öffnend;
-- Deckelkapsel	mehrere	öffnet sich unabhängig der Karpellgrenzen über mehrere Karpelle hinweg im apikalen Bereich (Deckel) (z. B. Bilsenkraut);
-- loculizide Kapsel	mehrere	öffnet sich entlang der Karpellrückennähte, seltener Fall (z. B. Ballonblume);
-- septizide Kapsel	mehrere	öffnet sich entlang der Scheidewände zw. den Karpellen (Verwachsungsnähte), der häufigere Fall (z. B. Brennender Busch);
-- fleischige Kapsel	mehrere	Perikarp fleischig, öffnet sich (teilweise explosionsartig) entlang der Karpellgrenzen; (z. B. Springkraut);
Schote	vier	Sonderform der Kapsel bei den Brassicaceae mit "falscher" Scheidewand; sich zweiklappig öffnend; Samen am Replum (Rahmen) mit Scheidewand hängen bleibend;
-- Schote	vier	Frucht mehr als 3x so lang wie breit (z. B. Raps);
-- Schötchen	vier	Frucht weniger als 3x so lang wie breit (z. B. Judaspfennig);
-- Gliederschote	vier	Karpelle zerfallen in mehrere Teilfrüchte (z. B. Rettich);

Tab. 2: Schließfrüchte; Übersicht über die verschiedenen Fruchttypen.

Typ	Anzahl der Karpelle	Bau und Beispiele
Beere	eins bis mehrere	Exokarp häutig, Meso- und Endokarp fleischig (z. B. Johannisbeere);
-- Trockenbeere	mehrere	Perikarp trocknet ein und wird hart, Frucht sich nicht öffnend (z. B. Kakao);
-- Panzerbeere	mehrere	Exokarp hart, Meso- und Endokarp fleischig (z. B. Kürbis);
-- Sammelbeere	mehrere	fleischiges Perikarp benachbarter Einzelbeeren ist miteinander verwachsen (z. B. Rahmapfel);
Steinfrucht	eins bis mehrere	Exokarp häutig, Mesokarp fleischig/faserig, Endokarp verholzt (z.B. Kirsche);
-- Sammelsteinfrucht	mehrere	einzelne Karpelle mit häutigem Exo-, fleischigem Meso- und hartem Endokarp, einer trockenen Fruchtachse aufsitzend (z. B. Brombeere);
Nuss	eins bis mehrere	Exo-, Meso- und Endokarp hart;
-- Achäne	zwei	unterständige Nussfrucht der Asteraceae häufig mit auffälligem Pappus (z. B. Löwenzahn);
-- Karyopse	mehrere	oberständige Nussfrucht der Poaceae (z. B. Mais);
-- Sammelnussfrucht	mehrere	Exo-, Meso- und Endokarp der apokarpen Karpelle hart und trocken (z.B. Nelkenwurz);

Bruchfrüchte treten in verschiedenen, systematisch nicht näher miteinander verwandten Gruppen auf. Ihre Fruchtblätter zerfallen nicht an den tatsächlichen morphologischen Verwachsungsnähten (Karpellgrenzen) in Teilfrüchte, sondern über diese hinweg an anderen Bruchstellen. Zu den Bruchfrüchten zählen Gliederhülse, Rahmenhülse und Gliederschote.

Im Unterschied zu Bruchfrüchten zerfallen **Spaltfrüchte** zum Zeitpunkt der Samenreife ausschließlich entlang der morphologischen Verwachsungsnähte der Fruchtblätter (Karpellgrenzen), wie man dies von *Acer* (Ahorn) oder Apiaceae (Doldenblütern) her kennt.

Eine Sonderform stellt hierbei die **Klausenfrucht** der Lamiaceae (Lippenblütler) und Boraginaceae (Raublattgewächse) dar, bei der die Trennung entlang der echten Verwachsungsnäht der beiden Fruchtblätter erfolgt und zusätzlich entlang einer nachträglich eingezogenen falschen Scheidewand. Die Klausenfrucht ist somit eine intermediäre Form zwischen Bruch- und Spaltfrucht.

2.2.2 Synorganisationen

Bei apokarpen und coenokarpen Früchten treten verschiedene **Synorganisationen** auf, die besonders bei den apokarpen Früchten eine höhere Attraktivität für Tiere bewirken. So schwillt z. B. bei vielen Rosengewächsen nach der Blüte mit zunehmender Samenreife das Achsengewebe an. Bei der Erdbeere verdickt sich ebenfalls das Achsengewebe zur Fruchtreife und trägt die unauffälligen Nussfrüchte, die in diesem Falle als Nüsschen bezeichnet werden. Bei den Früchten der Rosen (Hagebutten) sind die zahlreichen Fruchtknoten in ihrer Gesamtheit von einem fleischigen, aber nicht mit ihnen verwachsenen Achsengewebe umgeben. Beim Apfel sind die Karpelle hingegen in die Wand der fleischigen, krugförmigen Blütenachse eingesenkt.

Bei den coenokarpen Früchten treten gegenüber den apokarpen Früchten auch sehr komplexe Verwachsungen auf. So können ganze Blütenstände einen Fruchtverband bilden, wie es bei der Ananas (*Ananas comosus*, Bromeliaceae) der Fall ist. Zusätzlich zu den eigentlichen Früchten werden hier die Tragblätter der Einzelblüten sowie die gesamte Blütenstandsachse fleischig. Diese Fruchtform heißt Überbeere.

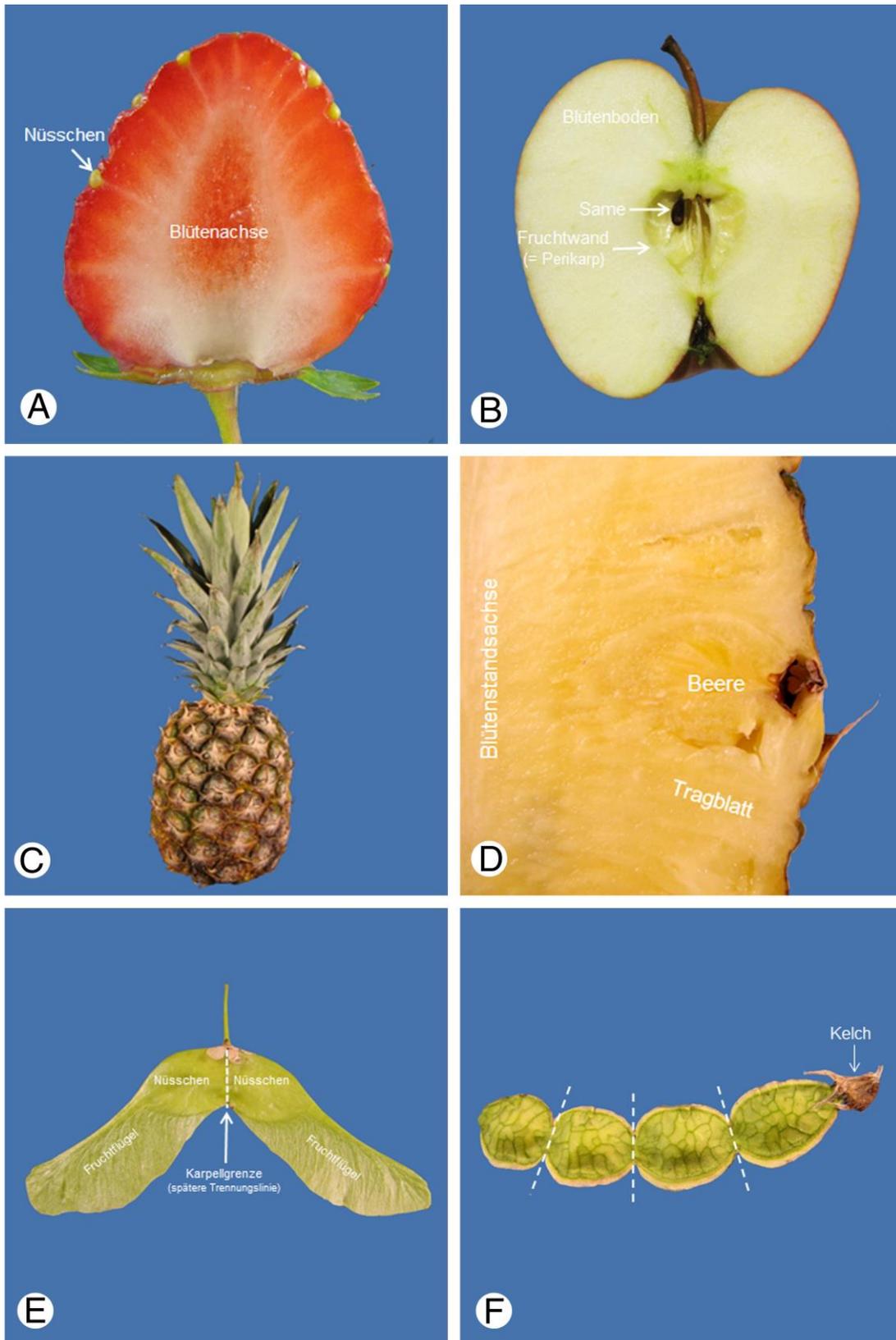


Abb. 2: Sonderformen der Früchte; **A-D:** Synorganisationen **A & B:** Synorganisationen bei apokarpen Früchten; bewirken höhere Attraktivität für Tiere; **A:** Oberständige Sammelnussfrucht von *Fragaria xananassa* (Garten-Erdbeere); Blütenachse zur Samenreife stark angeschwollen; freie Karpelle sitzen dieser als kleine Nüsschen auf; **B:** Sammelbalgfrucht von *Malus domestica* (Kultur-Äpfel); Karpelle pergamentartig und vollständig in den fleischigen Blütenboden eingesenkt; **C & D:** Synorganisationen coenokarper Früchte; gegenüber apokarpen Früchten mit teilweise sehr komplexen Verwachsungen; bspw. der Fruchtstand von *Ananas comosus* (Ananas); Verwachsungsprodukt aus Blütenstandsachse, Tragblättern und Beerenfrüchten; alle 3 stark fleischig; diese Struktur wird als "Überbeere" bezeichnet; **C:** Reife Überbeere; **D:** Detail einer einzelnen Beerenfrucht; **E & F:** Spalt- und Bruchfrüchte; **E:** Spaltfrucht zur Reife nur entlang der Karpellgrenzen zerfallend; *Acer platanoides* (Spitz-Ahorn); **F:** Bruchfrucht zur Reife über die morphologischen Verwachsungsnähte hinweg in Teilfrüchte zerfallend; *Hedysarum hedysaroides* (Alpen-Süßklee).

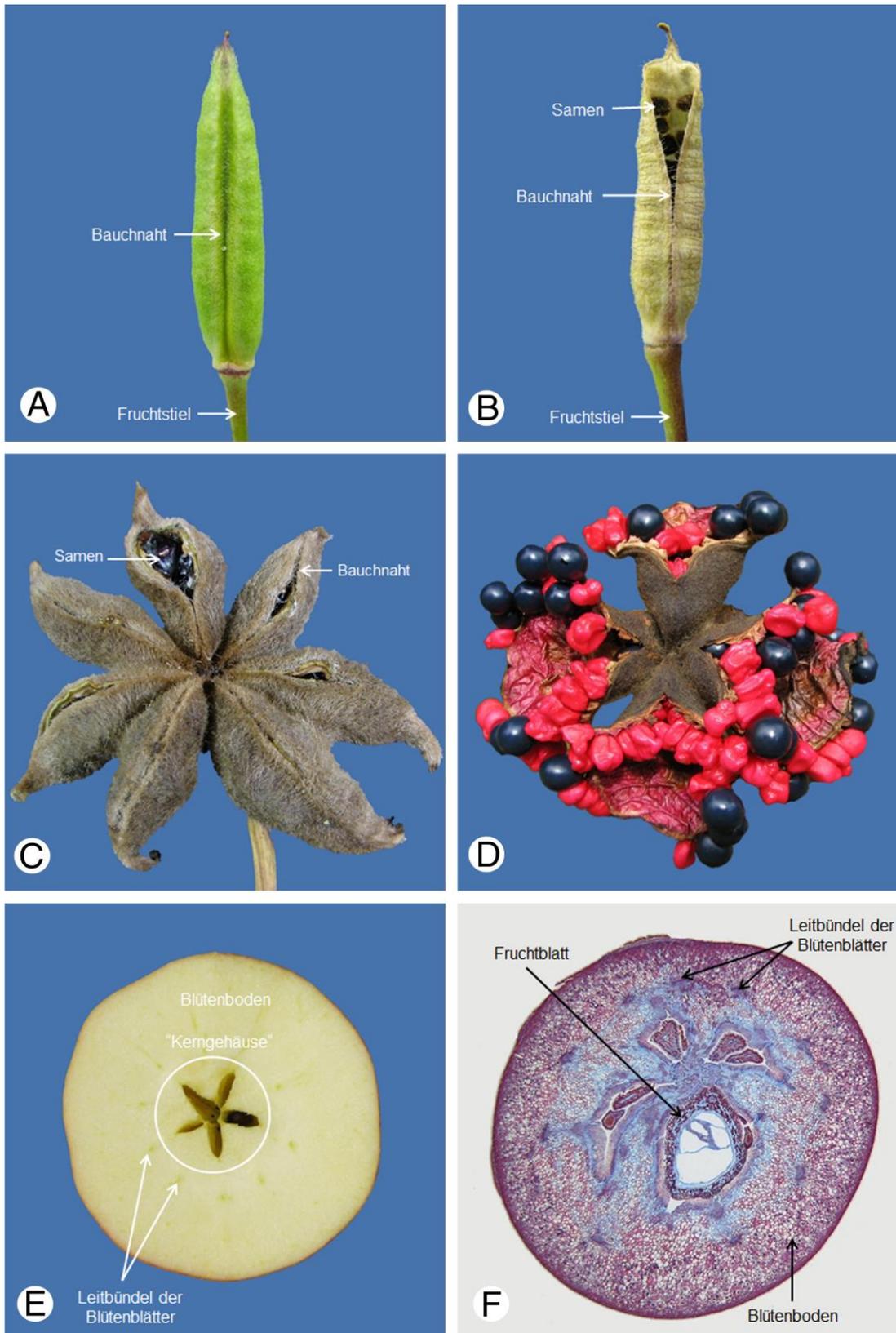


Abb. 3: Morphologische Grundformen - Öffnungsfrüchte; **A-F:** Balgfrüchte; **A & B:** Balgfrucht besteht aus 1 Fruchtblatt (Karpell); öffnet sich nur entlang der Bauchnaht; *Consolida regalis* (Feld-Rittersporn); **A:** Unreife Frucht; **B:** Geöffnete, reife Frucht; **C & D:** Sammelbalgfrucht; baut sich aus zahlreichen, nicht verwachsenen Karpelle einer Blüte auf; jede Frucht öffnet sich jeweils entlang der Bauchnaht; **C:** Sich öffnender Fruchtstand; die Bauchnähte der einzelnen Balgfrüchte deutlich erkennbar; *Paeonia suffruticosa* (Strauch-Pfingstrose); **D:** Reife, geöffnete Frucht; *Paeonia mlokosewitschii* (Mlokosewitschs Pfingstrose); **E & F:** Unterständige Sammelbalgfrucht von *Malus domestica* (Kultur-Apfel); Karpelle pergamentartig und vollständig in den fleischigen Blütenboden eingesenkt; **E:** Querschnitt durch eine reife Frucht; **F:** Mikrotomquerschnitt einer jungen Frucht.

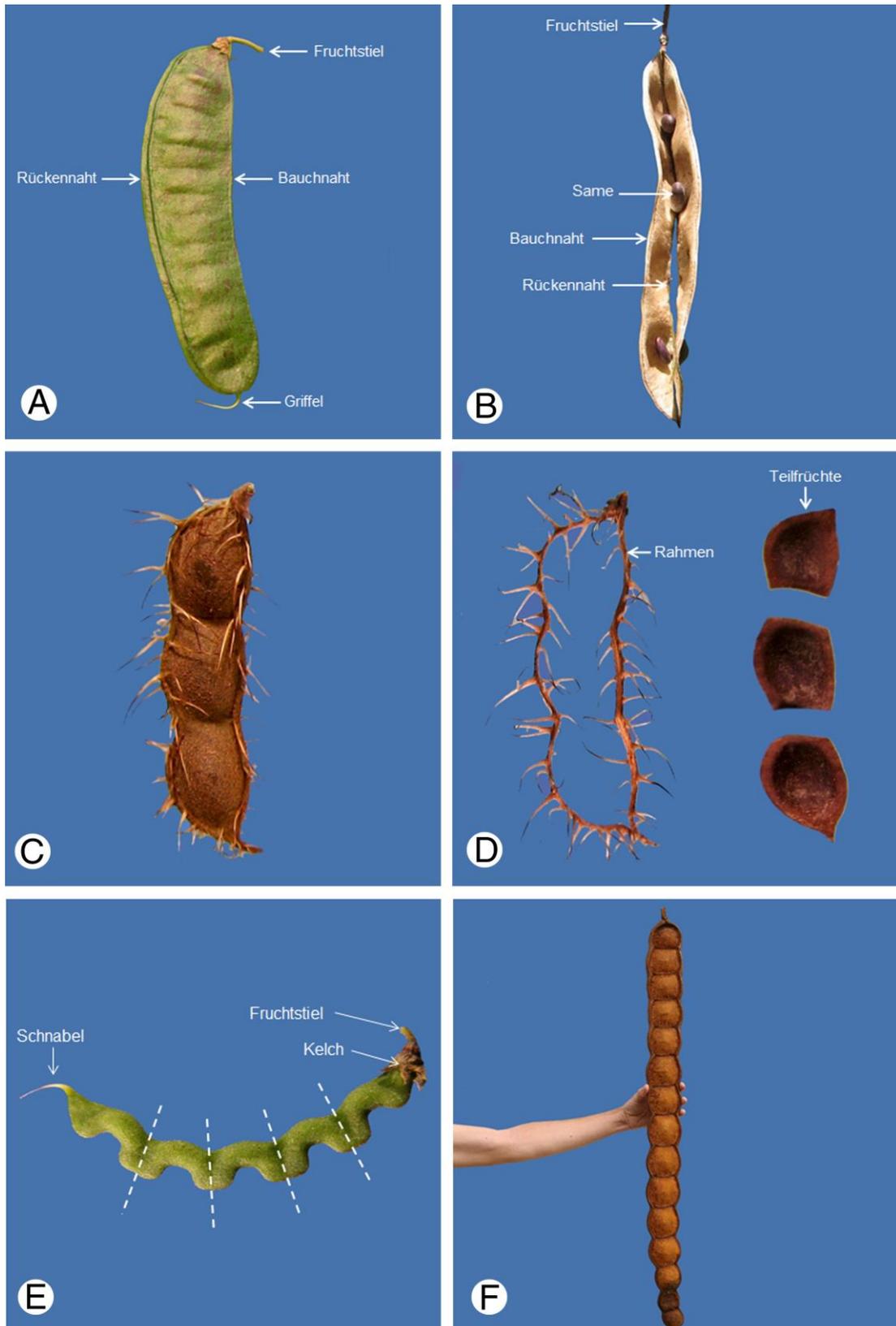


Abb. 4: Morphologische Grundformen - Öffnungsfrüchte; **A-F:** Hülsenfrüchte; **A & B:** Einfache Hülsenfrucht; baut sich aus einem Fruchtblatt auf; öffnet sich zur Reife entlang von Bauch- und Rückennaht; *Robinia pseudoacacia* (Robinie); **A:** Unreife, noch geschlossene Früchte; **B:** Reife, geöffnete Frucht; **C-F:** Sonderformen der Hülse; **C & D:** Rahmenhülse von *Mimosa pudica* (Sinnpflanze); zur Reife in einsamige Teilfrüchte zerfallend (Bruchfrucht); die Dorsal- und Ventralnaht bleiben nach dem Zerfall der Frucht als Rahmen bestehen; **C:** Reife Frucht kurz vor dem Zerfall in einzelne Teilfrüchte; **D:** Zerfallene reife Frucht; **E & F:** Gliederhülse; Fruchtwand zwischen den Samen stark eingeschnürt und sich nicht entlang der morphologischen Verwachsungsnähte öffnend, sondern über diese hinweg in einsamige Teilfrüchte zerfallend (Bruchfrüchte); **E:** *Hippocrepis comosa* (Gewöhnlicher Hufeisenklee); gestrichelte Linien markieren die späteren Bruchlinien; **F:** *Entada gigas* (Affenleiter); Gliederhülse von gigantischem Ausmaß.

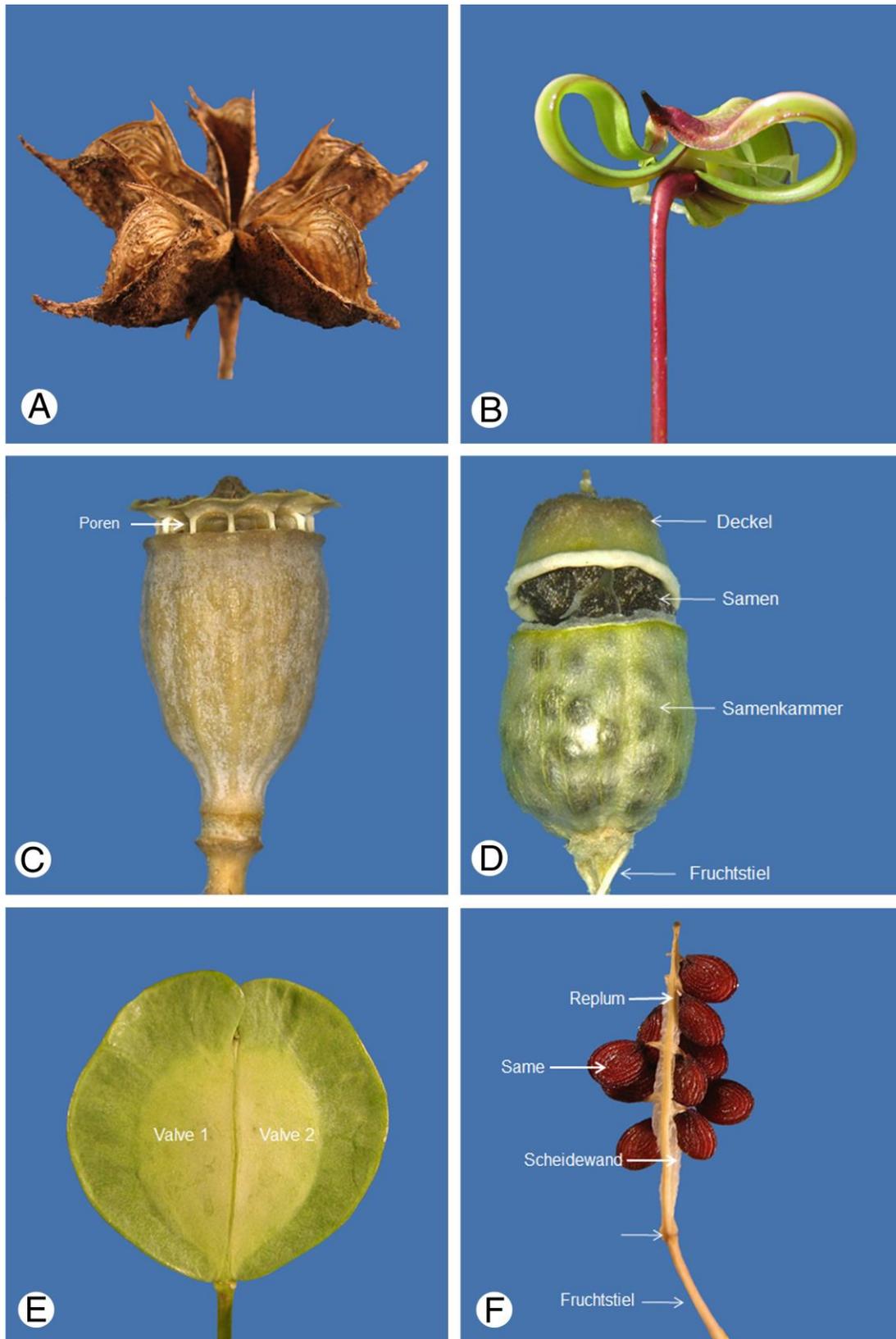


Abb. 5: Morphologische Grundformen - Öffnungsfrüchte; **A-F:** Kapsel Früchte; **A:** Septizide Kapsel; Öffnung entlang der Scheidewände (Septen); *Dictamnus albus* (Brennender Busch); **B:** Geöffnete fleischige Kapsel; Perikarp fleischig; öffnet sich explosionsartig entlang der Karpellgrenzen; *Impatiens glandulifera* (Drüsiges Springkraut); **C:** Porenkapsel; öffnet sich über mehrere kleine Poren, über die die Samen ausgestreut werden; *Papaver rhoeas* (Klatsch-Mohn); **D:** Deckelkapsel (Pyxidium); Öffnung der Kapsel über einen Deckel (Operculum); Öffnung unabhängig der morphologischen Grenzen über mehrere Fruchtblätter (Karpelle) hinweg; *Hyoscyamus niger* (Schwarzes Bilsenkraut); **E & F:** Schote; Sonderform der Kapsel (valvate Kapsel) bei Brassicaceae; aus 4 Karpellen; von unten nach oben über zwei Klappen (Valven) öffnend; Samen am Rahmen (Replum) mit "falscher" Scheidewand hängen bleibend; *Thlaspi arvense* (Acker-Hellerkraut); **E:** Unreife, geschlossene Frucht; **F:** Geöffnete Frucht mit zahlreichen Samen, die am Replum stehen.

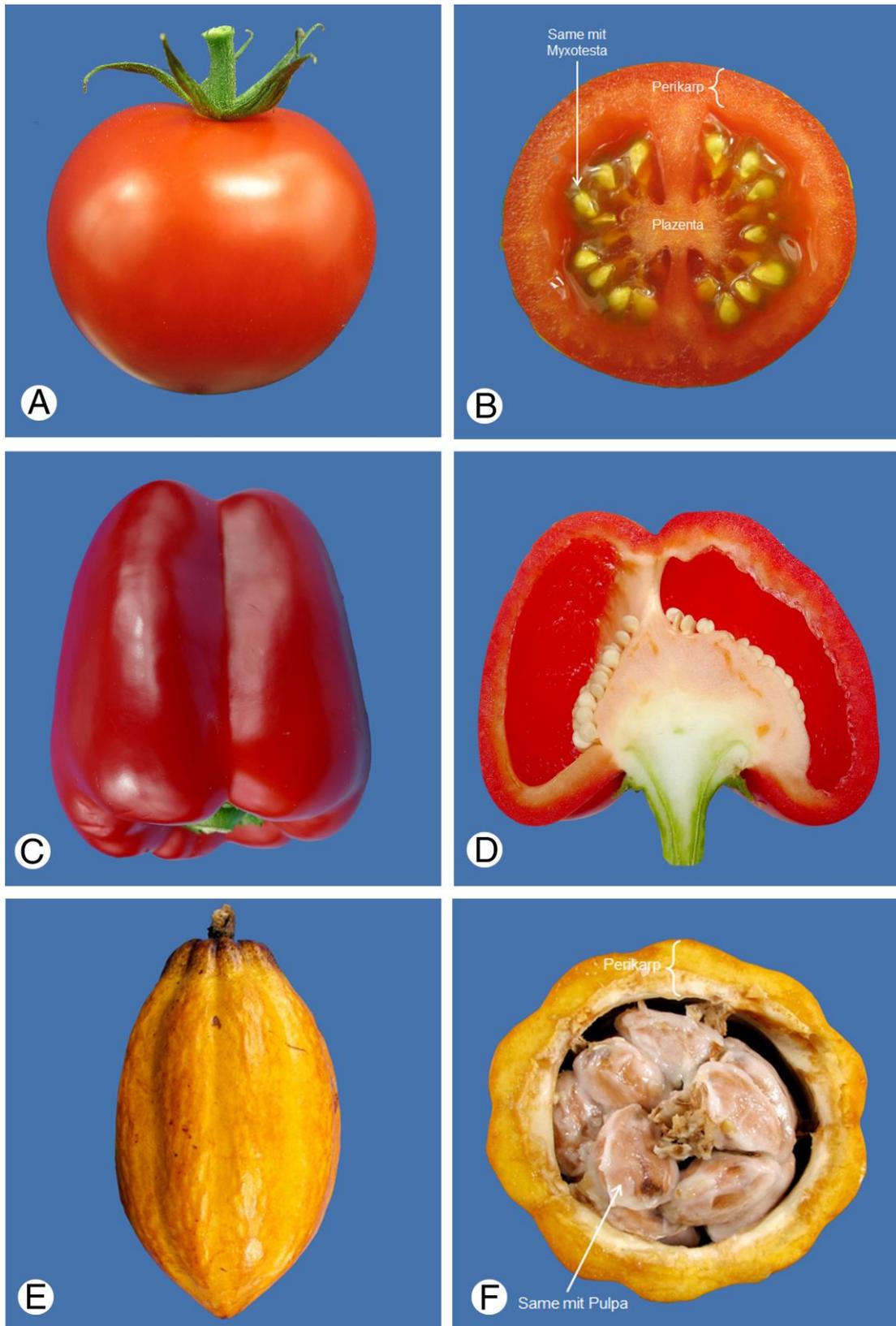


Abb. 6: Morphologische Grundformen – Schließfrüchte; **A-F:** Beerenfrüchte; **A & B:** Fleischige Beere von *Lycopersicon esculenta* (Tomate); Fruchtwand (Perikarp) mit einem häutigen Exo- und fleischigem Meso- und Endokarp; **A:** Seitenansicht; **B:** Querschnitt; Samen mit verschleimender Samenschale (Myxotesta); **C & D:** Luftgefüllte Beere von *Capsicum annuum* (Paprika); **C:** Seitenansicht; **D:** Querschnitt; Samen an einer großen zentralwinkelständigen Plazenta; **E & F:** Trockenbeere von *Theobroma cacao* (Kakaobaum); Perikarp trocknet ein und wird hart; **E:** Seitenansicht; **F:** Querschnitt; die Samen von einer weißen Pulpa (Fruchtfleisch) umgeben.

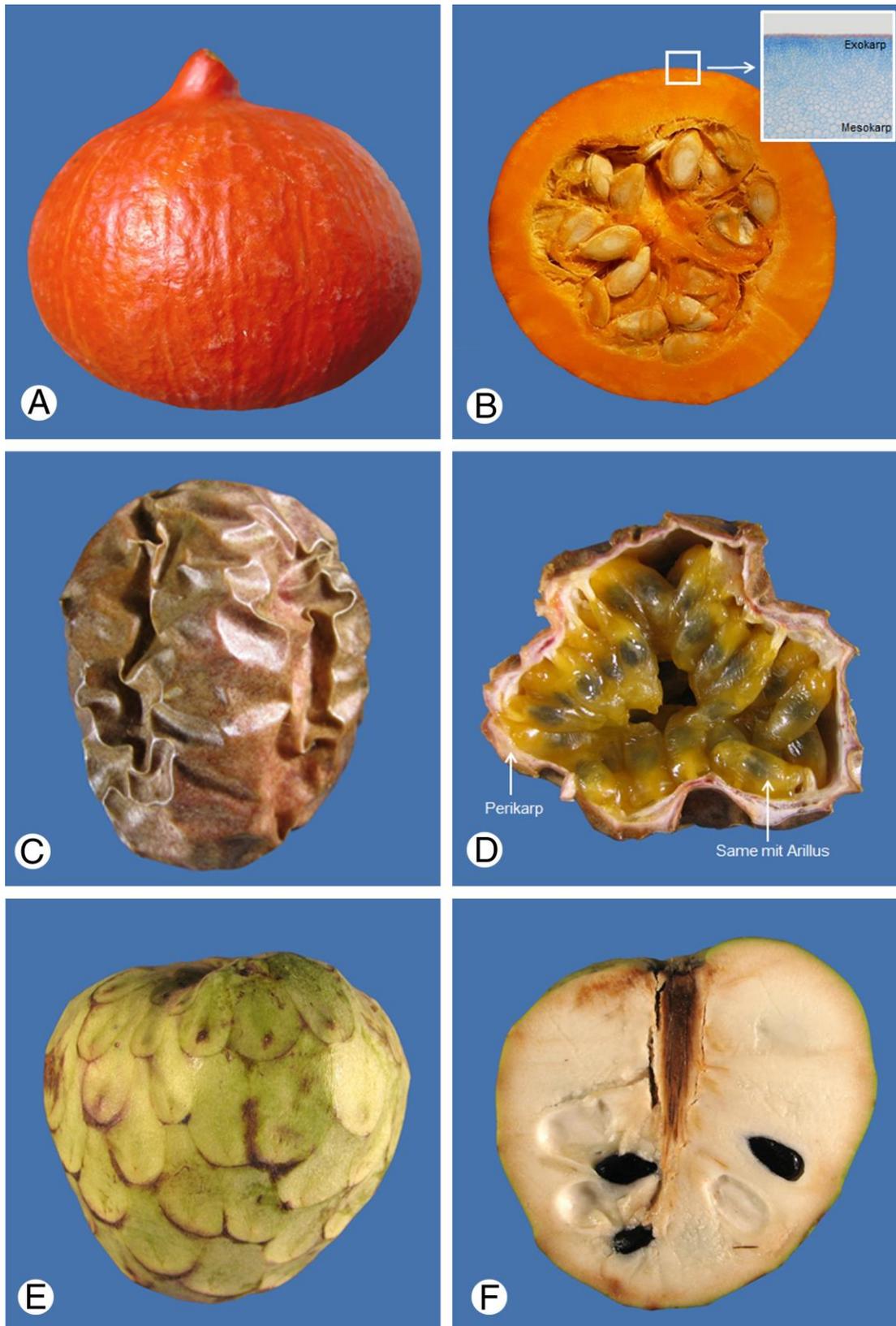


Abb. 7: Morphologische Grundformen – Schließfrüchte; **A-F:** Beerenfrüchte; **A & B:** Panzerbeere von *Cucurbita pepo* (Kürbis); Fruchtwand (Perikarp) mit einem harten Exo- und fleischigem Meso- und Endokarp; **A:** Seitenansicht; **B:** Querschnitt; **C & D:** Lederbeere von *Passiflora edulis* (Maracuja); Perikarp trocknet ein und wird derb-ledrig; **C:** Seitenansicht; **D:** Querschnitt; Samen von einem fleischig-saftigen Samenmantel (Arillus) umgeben; **E & F:** Sammelbeere von *Annona cherimola* (Rahmapfel); mehrere Beeren bilden einen gemeinsamen Fruchtverband aus, bei dem die fleischigen Fruchtwände benachbarter Einzelbeeren miteinander verwachsen; **E:** Seitenansicht; **F:** Längsschnitt.

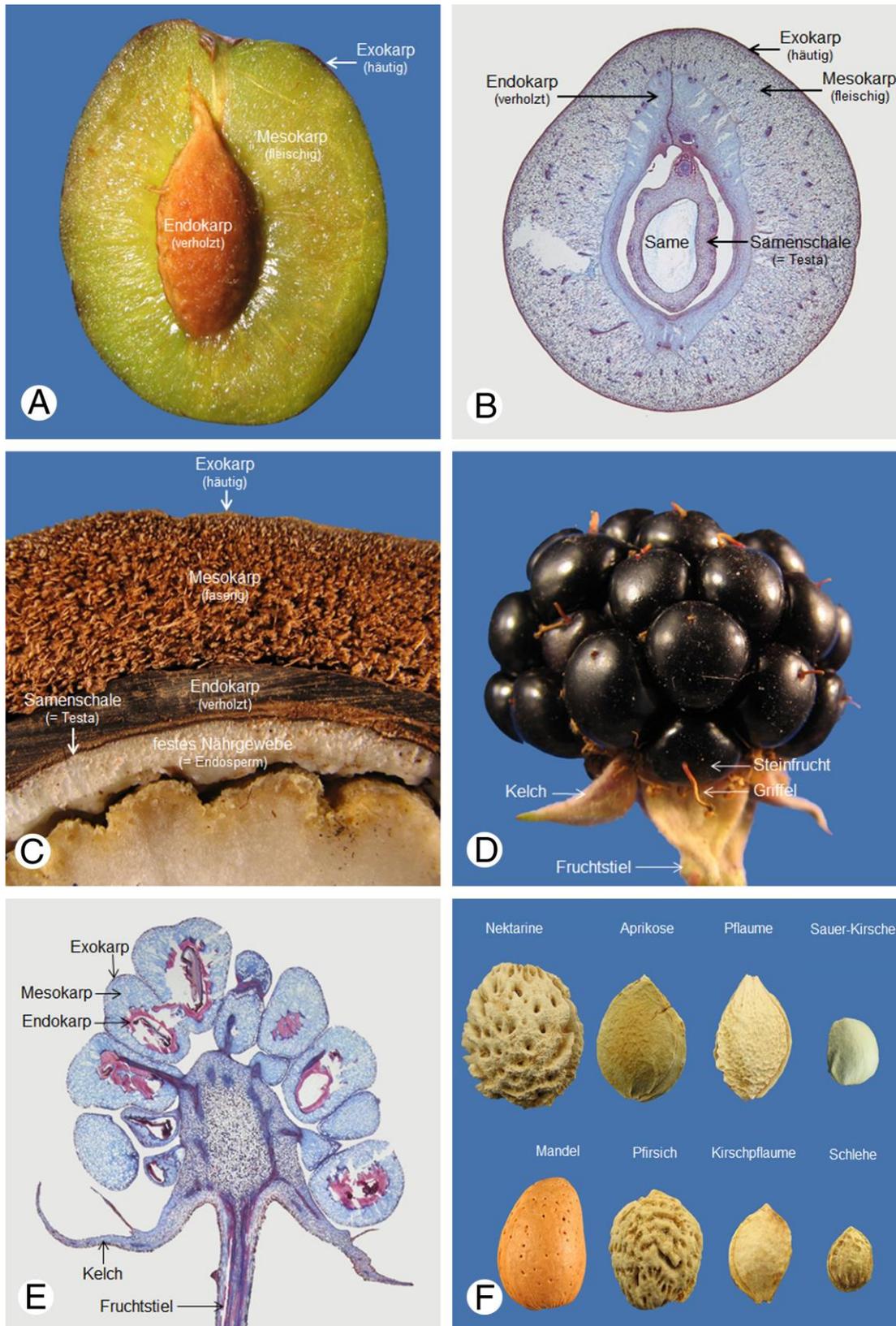


Abb. 8: Morphologische Grundformen – Schließfrüchte; **A-F:** Steinfrüchte; **A & B:** Steinfrucht von *Prunus domestica* ssp. *acida* (Zwetschge); Exokarp häutig, Mesokarp fleischig, Endokarp verholzt; **A:** Längsschnitt durch eine reife Steinfrucht; **B:** Mikrotomlängsschnitt; **C:** *Cocos nucifera* (Kokospalme); das Mesokarp ist nicht fleischig, sondern faserig; dient dem Auftrieb im Wasser (Anpassung an Wasserausbreitung); **D & E:** *Rubus fruticosus* (Brombeere); einzelne Karpelle mit häutigem Exo-, fleischigem Meso- und harten Endokarp; einer trockenen Fruchtachse aufsitzend; **D:** Reife Frucht; an jeder einzelnen Steinfrucht sind noch Reste der Griffel erkennbar; **E:** Mikrotomlängsschnitt; **F:** Steinkerne verschiedener Arten aus der Gattung *Prunus* (Rosengewächse); Ausgestaltung der Steinkerne ist ein wichtiges Bestimmungsmerkmal.

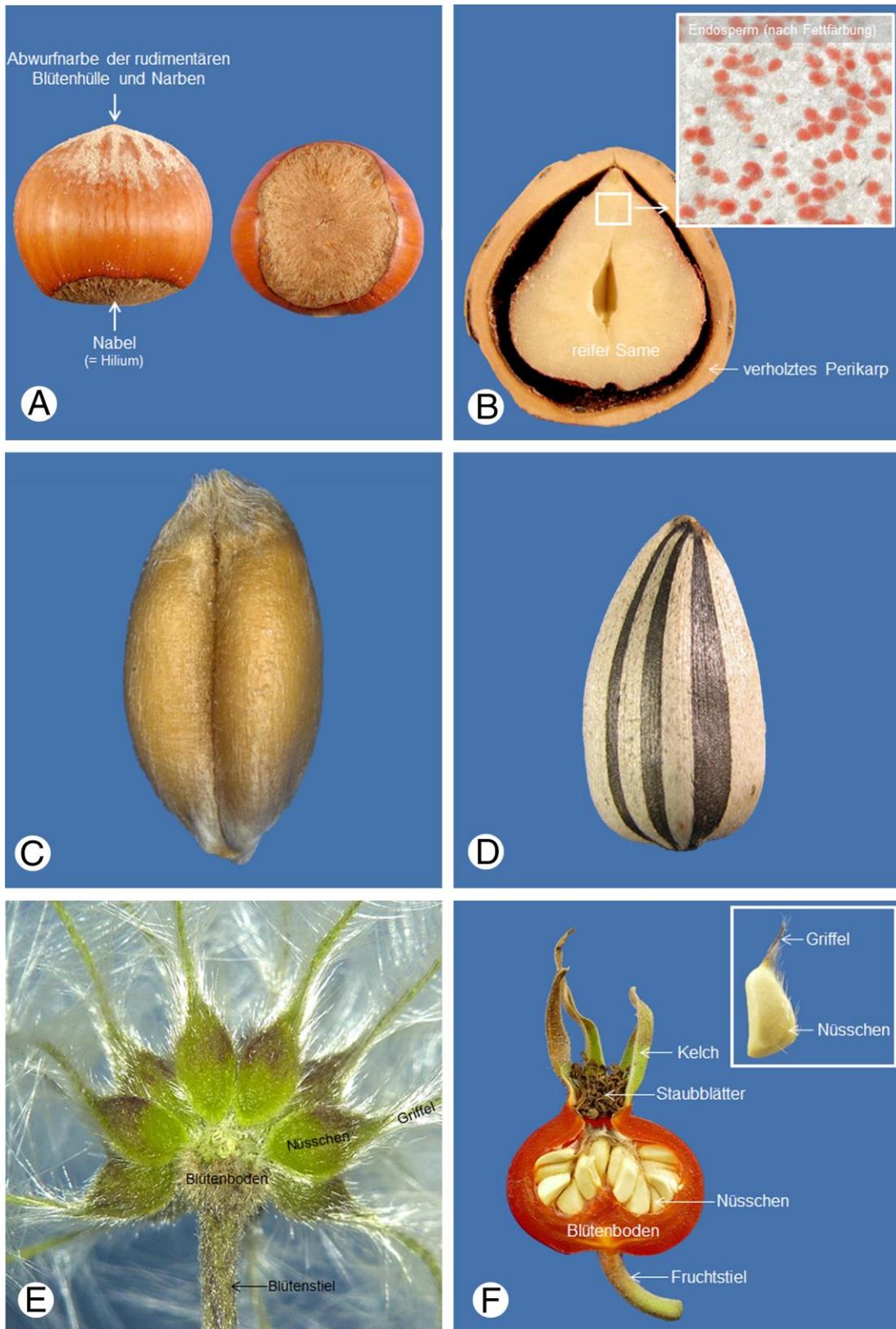


Abb. 9: Morphologische Grundformen – Schließfrüchte; **A-F:** Nussfrüchte; **A & B:** Nussfrucht von *Corylus avellana* (Gewöhnliche Hasel); **A:** Reife Nüsse; Exo-, Meso- und Endokarp stark verholzt; **B:** Längsschnitt; Same reich an fetten Ölen; **C:** Karyopse; oberständige Nussfrucht von *Triticum aestivum* (Saat-Weizen); auch typisch für alle anderen Arten der Poaceae (Süßgräser) **D:** Achäne; unterständige Nussfrucht von *Helianthus annuus* (Gewöhnliche Sonnenblume); auch typisch für alle anderen Arten der Asteraceae (Korbblütler); **E & F:** Sammelnussfrüchte; **E:** *Clematis vitalba* (Gewöhnliche Waldrebe); Nüsschen mit langem Federgriffel (Federschweifflieger) zur Windausbreitung (Anemochorie); **F:** *Rosa rugosa* (Kartoffel-Rose); zahlreiche freie Karpelle stehen in einer krugförmigen Blütenachse; diese zur Samenreife fleischig werdend; Karpelle entwickeln sich zu einsamigen Nüsschen; Anpassung an Tieraussbreitung (Endozoochorie).

3 Weiterführende Literatur

- BECK C.B. (2010).** An Introduction to Structure and Development, Plant Anatomy for the Twenty-First Century, 2nd ed. – Cambridge University Press, Cambridge.
- ESAU K. (1977).** Anatomy of seed plants, 2nd ed. – Wiley, New York.
- ESCHRICH W. (1995).** Funktionelle Pflanzenanatomie. – Springer, Heidelberg & Berlin.
- GIFFORD E.M. & FOSTER A.S. (1996).** Morphology and Evolution of Vascular Plants. 3rd ed. – Freeman and Company, New York.
- JURZITZA G. (1987).** Anatomie der Samenpflanzen. – Thieme, Stuttgart, New York.
- KADEREIT J.W, KÖRNER C., NICK P. & SONNEWALD U. (2021):** Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften, 38. Aufl.- Springer, Berlin.
- KÜCK U. & WOLFF G. (2009).** Botanisches Grundpraktikum, 2. Aufl. – Springer, Berlin & Heidelberg.
- LEINS P. & ERBAR C. (2010).** Flower and Fruit; Morphology, Ontogeny, Phylogeny; Function and Ecology. – Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart.
- RUDALL P. (2007).** Anatomy of Flowering Plants, an Introduction to Structure and Development, 3rd ed. – Cambridge University Press, Cambridge.
- STÜTZEL T. (2015).** Botanische Bestimmungsübungen, 3te Aufl. – Ulmer, Stuttgart.
- THROM, G. (1996).** Grundlagen der Botanik, 2. Aufl. – Quelle & Meyer, Wiesbaden.
- WAGENITZ G. (2008).** Wörterbuch der Botanik, 2. Aufl. – Nikol, Hamburg.
- WANNER G. (2010).** Mikroskopisch-botanisches Praktikum, 2. Aufl. – Thieme, Stuttgart & New York.