

STEREOSKOPISCHE RÖNTGENAUFNAHMEN VON FOSSILEN FRÜCHTEN

B. ESKE KOCH UND WALTER L. FRIEDRICH

KOCH, B. E. & FRIEDRICH, W. L.: Stereoskopische Röntgenaufnahmen von fossilen Früchten. (Stereoscopic radiographs of fossil fruits). *Bull. geol. Soc. Denmark*, vol. 21, pp. 358–367. Copenhagen, October, 13th, 1972.

Despite former experience the radiographic method is quite useful in paleobotany and carpology especially.

The application of the X-ray technique is demonstrated with fossil fruits and seeds from Greenland, Germany, Denmark, and one recent example.

Entgegen bisherigen Erfahrungen erweist sich die Röntgenmethode als vorzügliches Hilfsmittel in der Paläobotanik, speziell in der Karpologie. An fossilen Früchten und Samen aus Grönland, Deutschland und Dänemark sowie an einem rezenten Beispiel werden einige Anwendungsmöglichkeiten des Röntgenverfahrens demonstriert.

Bent Eske Koch und Walter Ludwig Friedrich, Phytopaläontologische Abteilung des Geologischen Institutes, Aarhus Universität, DK-8000 Aarhus C, Dänemark. 30. Dezember 1971.

Bereits kurz nach Entdeckung der Röntgenstrahlen, Ende des vorigen Jahrhunderts, fand diese Untersuchungsmethode Eingang in die Geowissenschaften. Besonders in der Paläontologie wurde diese Methode mit Erfolg bei der Auffindung von Fossilien in Gesteinsplatten angewandt (Peyer 1934; Lehmann 1938; Roger 1947).

In der Zoopaläontologie gehört die Röntgenuntersuchung inzwischen zu den Standardmethoden. Die Literatur über dieses spezielle Gebiet dürfte etwa 200 Arbeiten umfassen (Stürmer, 1968: 413).

Ausführliche Beschreibungen der Röntgentechnik mit Anwendungsbeispielen – auch zur Herstellung von Röntgen-Stereoaufnahmen – sind in Handbüchern und Übersichtsarbeiten dargestellt (Zangerl, 1965; Schmidt, 1948).

Durch verfeinerte Aufnahmetechnik konnten kürzlich sogar pyritisierte Weichteile von Cephalopoden und Trilobiten sichtbar gemacht werden (Stürmer, 1970). Auch Verfahren zur Herstellung von Radiographien feinkörniger Kalke sind nun bekannt (Thiede & Larsen, 1970). Bei Verwendung

des Projektions-Röntgen-Mikroskopes ist es sogar möglich Feinheiten von Foraminiferenschalen im Röntgenbild darzustellen (Bé et al. 1969).

In der Paläobotanik wurde die Röntgenmethode bisher kaum angewandt. Ein Beispiel wird jedoch von Schaarschmidt (1968: 11, Abb. 63B) gebracht, der ein Zweigstück von *Ullmannia bronni* abbildet. Kräusel (1950: 32) schreibt in seinem Handbuch "Die paläobotanischen Untersuchungsmethoden" sogar: "Die Anwendung der Röntgenstrahlen ist bisher im Gegensatz zu tierischen Fossilien ohne rechten Erfolg geblieben".

Bei der Untersuchung von fossilen Früchten und Samen konnten die Verfasser die Röntgenmethode mit gutem Erfolg anwenden, wie an den folgenden Beispielen gezeigt werden soll.

Material und Methode

Die in der vorliegenden Arbeit gebrachten Röntgenaufnahmen wurden mit einer transportablen Industrie-Röntgeneinheit Typ Eresco hergestellt. Das Gerät erlaubt Spannungen bis 120 kV bei einer Belastung von 5 mA. Da das Gerät in einem Schutzschrank installiert ist, liegt der Abstand Focus-Film auf 60 cm fest. Als Filmmaterial verwandten wir »Kodak Definix Médical«.

Bei der Herstellung von stereoskopischen Aufnahmen, bei der es ja bekanntlich darum geht einen Gegenstand aus 2 verschiedenen Blickwinkeln abzubilden, um dann mittels eines Stereobetrachters ein dreidimensionales Bild zu erhalten, hat man bei der Röntgenstereotechnik prinzipiell zwei Möglichkeiten. 1) Der zu untersuchende Gegenstand verbleibt auf seinem Platze, während die Röntgenquelle um einen bestimmten Betrag verschoben wird. Oder 2) Die Röntgenquelle ist fixiert, und das Untersuchungsobjekt wird zur Herstellung der beiden Aufnahmen um eine bestimmte Strecke verschoben. Das erste Verfahren wird von Zangerl (1965: 311) beschrieben. Es setzt ein relativ teures Gerät voraus und erfordert besondere Schutzmaßnahmen bei den Aufnahmen. Bei dem zweiten Verfahren, das in der vorliegenden Arbeit angewandt wurde, spielt sich der Röntgenvorgang in einem geschlossenen, geschützten System ab. Da zur Herstellung der beiden Aufnahmen das Untersuchungsobjekt in zwei Positionen gebracht werden muß, die den gleichen Abstand und Winkel von der Achse des Strahlenkegels haben müssen, empfiehlt es sich diese beiden Positionen vorher genau festzulegen und am Boden des Gerätes zu markieren (Abb. 1). Um für die beiden erforderlichen Aufnahmen die gleichen Aufnahmewinkel zu schaffen, fixierten wir die Untersuchungsobjekte in ein rechteckiges Etui aus Styropor, an dem entsprechende Markierungen angebracht waren. Styropor ist für Rönt-

genstrahlen durchlässig und bewirkt keine störenden Schatten auf den Negativen.

Bei dem festgelegten Abstand Focus-Filmebene von 60 cm, wurden die beiden Aufnahmen für das Stereopaar jeweils in einem Abstand von ca. 5 cm von der Längsachse des Strahlenkegels aufgenommen; bei größeren Abständen wirken die abgebildeten Objekte im Stereobetrachter überhöht.

Die in der vorliegenden Arbeit abgebildeten Funde werden in der Nationalen Originalsammlung, Mineralogisk Museum, Øster Voldgade 5-7, DK-1350 Kopenhagen K. aufbewahrt.

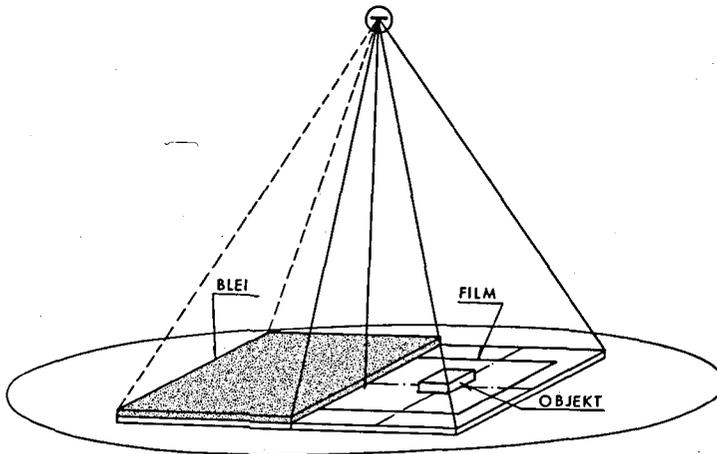


Abb. 1. Schematische Darstellung des Aufnahmeprinzips von stereoskopischen Röntgenaufnahmen bei feststehendem Röntgengerät.

Arrangement for stereoscopic radiographs using a fixed X-ray source.

Rosenkrantzia picrodendroides Koch

Bei der Untersuchung der fossilen Früchten und Samen aus dem Oberdanium von Agatdal, Nûgssuaq-Halbinsel, Westgrönland, erwies sich die Röntgenmethode als besonders gutes Hilfsmittel. Unter den Früchten befinden sich einige Nüsse, die als *Rosenkrantzia picrodendroides* beschrieben werden (Koch, 1972b) (Taf. 1, Fig. B-F). Sie bestehen, was das Material anbetrifft, aus Kalkspat und Braunkohle (Taf. 1, Fig. C, D). Die Absorption der Röntgenstrahlen dieser beider Substanzen ist unterschiedlich, da der Kalkspat, im Vergleich mit Braunkohle, eine stärkere Grautönung der Röntgen-Positive bewirkt (Taf. 1, Fig. B, E).

Die Erhaltung in Braunkohle ist nur bei widerstandsfähigen, primär sklerenchymatischen Geweben, wie z. B. dem Pericarp zu beobachten, während leichter vergängliche Gewebe, wie der Nuzellus und die Zell-Lumina, durch Kalkspat ersetzt sind.

Die unterschiedlichen Substanzen bewirken Kontraste auf dem Film. Zwischentönungen beobachtet man, wo diese beiden Substanzen sich vermischen, also wo Gewebe nur zum Teil kalzifiziert ist. Luftgefüllte Hohlräume bewirken eine kräftige Schwärzung des Filmes.

Taf. 1, Fig. E zeigt eine Röntgenaufnahme einer Frucht, die mit der Längsachse senkrecht zur Filmebene aufgenommen wurde. Das Resultat entspricht etwa einem Querschnitt durch die Frucht. Von einem anderen Exemplar wurde eine Röntgentomographie hergestellt, die in der Tandlægehøj-skole in Århus angefertigt wurde (Taf. 1, Fig. B). Mittels dieser Technik erhält man einen wirklichen Querschnitt nach Wunsch; hier in der Medianebene. Diese Aufnahme stimmt gut überein mit Querschliffen durch eine Frucht (Taf. 1, Fig. C, D). Man sieht das dicke Pericarp (erhalten in Braunkohle), das sich nicht sehr gut vom Hintergrund abhebt, aber aufgrund von ca. 12 eustelischen, longitudinal im Pericarp verlaufenden Leitungssträngen erkannt werden kann. Die zentralen, parenchymatischen Teile dieser Leitungsstränge sind zum Teil aufgelöst und durch Kalzit ersetzt. Auch die Zell-Lumina des leitenden, verstärkten Gewebes sind teilweise kalzifiziert (Vergl. Taf. 1, Fig. C, D, die Querschnitte durch *R. picrodendroides* zeigen).

Der Same besteht hauptsächlich aus zwei ineinander verfalteten Kotyledonen, die im vorliegenden Exemplar völlig von Kalzit ersetzt sind. Eine relativ dünne Testa aus Korkzellen ist in Braunkohlen-Substanz erhalten.

Der Nuzellus erscheint im positiven Röntgenbild daher als dunkle Zellpartie, die von einem dünnen weißen Ring, der Testa, umgeben ist. Die kalzifizierten Kotyledonen-Strukturen (Taf. 1, Fig. F) sind nur schwach sichtbar. Man kann sie jedoch erkennen, weil die einzelnen Loben durch eine dünne Fissur von einander getrennt sind. In einigen Röntgenaufnahmen sieht man daher dünne parallele Linien (Taf. 1, Fig. E).

Die Frucht ist normalerweise einsamig, aber ca. die Hälfte der untersuchten 20 Früchte zeigten Spuren von abortierten Samen (Taf. 1, Fig. B, C).

Der Vergleich des Dünnschliffes mit den Röntgenaufnahmen zeigt, daß der Aufbau der Frucht in großen Zügen bereits aus dem Röntgenbild ersichtlich ist. Zum Studium der anatomischen Einzelheiten ist jedoch die Herstellung einer Dünnschliffserie unerlässlich, besonders weil Luft und Braunkohle in den Früchten in etwa den gleichen Grauton auf dem Röntgenbild hervorrufen.

Für die Auswahl des Fundmaterials vor der Herstellung von Dünnschliffen, zur Feststellung welche Teile in welchem Material erhalten sind, und

um die Lage der abortierten Samen festzulegen (Taf. 1, Fig. B) ohne die Fossilien zu beschädigen, zeigt sich gerade hier die Röntgenmethode als wertvolles Hilfsmittel.

Fossile Palmenfrüchte

Von dem oben bereits erwähnten Fundpunkt Agatdalen konnte Koch (1972 a) aus dem oberen Danium Früchte einer coryphoiden Palme beschreiben, die als *Coryphoides poulsenii* Koch bestimmt wurden (Taf. 2, Fig. A, B, D, F, G, H). Ähnliche Früchte aus dem unteren Danium wurden auch aus der Lokalität Tunorssuaq, Nûgssuaq-Halbinsel, als *Coryphoicarpus globoides* Koch beschrieben (Taf. 2, Fig. C).

Die Erhaltung der Funde ist wie bei der oben beschriebenen *Rosenkrantzia*.

Diese Früchte (Taf. 2, Fig. G, H) haben ein Pericarp, das in Braunkohle-Erhaltung vorliegt. Vom basalen Gebiet der Frucht (Plazenta) dringt ein sackförmiger Auswuchs in das Sameninnere ein. Diese einfache Ruminationstruktur wird von Koch (1972a) als Columella bezeichnet. Auch diese Columella besteht aus Braunkohle. Der größte Teil des Samens wird vom Endosperm eingenommen, das die Columella schalenförmig umgibt und bei unseren Fossilien als Kalzit vorliegt. Der Same hat nur eine rudimentäre Testa, da deren Funktion zum größten Teil vom Pericarp der einsamigen Frucht übernommen wird.

Diese Columella ist ein Merkmal der meisten coryphoiden Palmen und ist leicht bei den Früchten, die in der hier beschriebenen Erhaltung vorliegen, erkennbar (Taf. 2, Fig. G, H). Der bilaterale Aufbau der Früchte erleichterte die Orientierung der Dünnschliffe sehr. Die vorhergehende Röntgenuntersuchung war daher für das erste Untersuchungsstadium nicht unbedingt vonnöten. Dagegen erwies sich die Röntgenmethode als sehr brauchbar, als es galt die Columella bei einer größeren Anzahl von Funden zu erkennen (Taf. 2, Fig. A, F) um die Zuordnung zu den coryphoiden Palmen zu ermöglichen, ohne diese zu schneiden.

Von *Coryphoicarpus globoides* Koch existiert nur ein einziges Exemplar (Taf. 2, Fig. C). Seine Bestimmung zur Familie *Corypheae* war nur durch die Anwendung der Röntgenmethode möglich. Taf. 3, Fig. C₂ zeigt einen »Querschnitt«. Im Röntgen-Stereobild erkennt man sowohl die plazentale Narbe der Frucht als auch das sie umgebende Oval der Columella, die hier ihren größten Umfang hat. Die Funikulus-Raphe ist als Leiste sichtbar.

Achsenparallele Röntgenaufnahmen zeigen die sackförmige Columella (Taf. 3, Fig. C₁, C₃). Eine Aufnahme parallel zur Symmetrieebene lässt eine Einstülpung zu einer Seite hin in der Columella erkennen (Taf. 3, Fig. C₃).

Die Columella und die Gesamtstruktur sichert die Bestimmung zur Familie *Coryphea*, während die Einstülpung in der Columella eine wesentliche Abweichung von *Coryphoides poulsenii* anzeigt. Beim Studium von drei zueinander senkrechten Stereo-Röntgenaufnahmen kann auch die Lage des kleinen saccaten Embryos bestimmt werden (Taf. 3, Fig. C). Zusammen mit der von *Coryphoides poulsenii* Koch abweichenden Form der Columella bildet die Lage des Embryos ein wichtiges Merkmal für die Aufstellung der neuen Gattung *Coryphoicarpus*.

Spirematospermum wetzleri (Heer) Candler (Zingiberaceae)

Aus der Fundstelle Fasterholt in Dänemark beschreiben Koch & Friedrich (1971) Früchte und Samen von *Spirematospermum wetzleri*. Das Material umfasst etwa 80 Früchte und ca. 2000 Samen (Taf. 2, Fig. E).

Einige dieser Früchte wurden zur Herstellung von Dünnschliffen in Kunstharz eingebettet. Es zeigte sich jedoch bei der späteren Anfertigung der Schliffe, daß Sand oder Pyrit, die bei der Fossilisation in einige Früchte eingedrungen waren, sich nachteilig auswirkten. Röntgenaufnahmen der Früchte vor der Präparation waren daher sehr nützlich. Sie zeigten nicht nur das Ausmaß des sekundär eingedrungenen Sedimentes an, sondern darüber hinaus auch den Erhaltungszustand der betreffenden Früchte (Taf. 3, Fig. A). Bei den *Spirematospermum*-Früchten war es uns möglich, die Anzahl der Samen in der Frucht und deren Lage innerhalb der drei Loculi anzugeben. Besonders geeignet erwiesen sich hier die stereoskopischen Bilder (Taf. 3, Fig. A). Die zahlreichen Samen sind mit einem Winkel von etwa 45° schräg zur Längsachse der Frucht angeordnet. Im Röntgenbild gleichen sie kleinen Flaschen deren Öffnungen zum Apex der Frucht ausgerichtet sind. Die Wandung der »Flaschen« entspricht der Testa der Samen und die Öffnung dem Hilum. Bei besonders gut erhaltenen Samen kann man in der Öffnung (Hilum) auch noch den pilzförmigen Deckel sehen (Operculum), der das Sameninnere verschließt und wie bei den rezenten Samen der Zingiberaceen, bei der Keimung herausgepresst wird. Aufgrund der Orientierung der Samen in bezug auf die Längsachse der Frucht, war es uns möglich auch bei unvollständigen Exemplaren die Lage des Stiels und somit Apex und Basis der Frucht festzulegen.

Bei gut erhaltenen Früchten ist die Öffnung der Samen (Hilum) noch auf die axiale Plazenta ausgerichtet; bei weniger gut erhaltenen hingegen auf das Pericarp. Letzteres hatte Anlaß zu der irrtümlichen Auffassung gegeben, daß die Früchte von *Spirematospermum* wandständigen Plazenten hätten (Heer, 1859: 192, Ludwig, 1860: 124; Kirchheimer, 1936: 99). Erst anhand

der vorzüglich erhaltenen Funde aus Fasterholt konnte der trilobulare Aufbau der Früchte nachgewiesen werden (Friedrich & Koch, 1970).

Tectocarya rhenana Kirchheimer

Zu den markantesten Früchten des Tertiärs gehören die der Mastixioideen, eine Unterfamilie der Cornaceen. Heute existiert nur noch die Gattung *Mastixia* in Südostasien. Zu den größten Früchten dieser im Tertiär recht bedeutungsvollen Gruppe zählen die von *Tectocarya*. Recht gut erhaltene Exemplare wurden vor allem aus den Fundstellen Wiesa bei Kamenz und Konzendorf im Rheinland bekannt (Kirchheimer, 1934). Von der letztgenannten Fundstelle stammt das hier abgebildete Exemplar von *T. rhenana* (Taf. 1, Fig. A). Die Steinfrucht besteht aus dem Exocarp und dem einfächerigen Steinkern. Nach Kirchheimer (1957: 557) können die Früchte dieser Art 65 mm Länge erreichen. Die Röntgen-Stereoaufnahme zeigt, verglichen mit dem Photo (Taf. 1, Fig. A), eine Reihe Einzelheiten, die normalerweise erst durch einen Querschnitt (Taf. 1, Fig. A3) durch die Frucht gewonnen werden können. Deutlich sichtbar ist der gebogene Steinkern, der eine Einfaltung parallel mit der Längsachse der Frucht aufweist. Sichtbar ist auch die Stielgrube (Taf. 1, Fig. A₂), von der einige in Längsrichtung tangential, im Pericarp verlaufende Leitungsstränge ausgehen (Taf. 1, Fig. A₁). Die Röntgenbilder zeigen ganz deutlich den Gewebeunterschied zwischen dem sklerenchymatischen Steinkern und dem inkohlten Pericarp.

Alpinia pahangensis Ridley

Beim Studium von *Spirematospermum wetzleri* (Heer) Chandler (siehe Seite 363) waren wir bestrebt möglichst viele rezente Früchte der umfassenden Familie zu untersuchen. Es zeigte sich jedoch, daß die Beschaffung von Vergleichsmaterial in einigen Fällen schwierig war. Die Zingiberaceen, die in tropischen und subtropischen Gebieten beheimatet sind, fruktifizieren recht selten in Gewächshäusern. Von einigen Gattungen sind die Früchte überhaupt noch nicht bekannt.

Bei den Früchten, die wir von Herbarien erhielten, interessierten uns vor allem die Lage der Plazenten (parietal oder axial) und die Anzahl und Größe der Samen. Da es sich bei diesen Stücken in den meisten Fällen um getrocknetes Material handelte, von dem übliche Präparate nur schwerlich herzustellen waren, erwies sich die Röntgenmethode bei diesen Frage-

stellungen als besonders gut geeignet, weil das wertvolle Herbarmaterial nicht beschädigt werden brauchte.

Die stereoskopischen Röntgenaufnahmen von *Alpinia pahangensis* Ridley (Taf. 3, Fig. B) zeigen den trilocularen Aufbau der Frucht und die Verteilung der jeweils 6–7 Samen in den einzelnen Loculi. Die rugose Oberfläche der Samen, die auf die Eintrocknung zurückzuführen ist, sieht man ebenfalls (Taf. 3, Fig. D₁); auch das relativ dünne Pericarp der kugeligen Frucht ist sichtbar.

Konklusion

Entgegen der bisherigen Auffassung erweist sich die Röntgenmethode als brauchbares Hilfsmittel in der Paläobotanik und speziell in der Karpologie, wie an den angeführten Beispielen gezeigt werden kann. Sowohl übliche Röntgenaufnahmen als auch stereoskopische sind besonders beim Studium von Pflanzenresten zu empfehlen, die teilweise oder völlig von sekundären Mineralien (Kalzit, Pyrit) ersetzt sind (Taf. 1, Fig. C, D). Aber auch primäre Materialunterschiede, wie parenchymatische Gewebe, die an sklerenchymatische Teile angrenzen, können in Röntgenaufnahmen erkannt werden, besonders dann, wenn in den sklerenchymatischen Geweben anorganische Stoffe, wie Kieselkörper eingelagert sind (Taf. 3, Fig. A). Ein besonderer Vorteil der Röntgenmethode ist die Schnelligkeit des Untersuchungsprozesses, die zeitraubende Präparationsvorgänge oft überflüssig macht. In der Paläobotanik, wie in der Paläontologie überhaupt, ist man oft auf unerlässliche Originale oder seltene Stücke angewiesen, die nicht geschnitten werden dürfen. Hier ermöglicht die Röntgenmethode zuweilen die Feststellung von inneren Strukturen – bei der Verwendung der Stereotechnik sogar von räumlichen Bildern – ohne das betreffende Exemplar zu zerstören (Taf. 3, Fig. D). Bei einer größeren Anzahl von Funden kann eine schnelle Auswahl getroffen werden, wenn es darum geht lohnende Stücke für weitere Präparationsprozesse zu finden oder die beste Orientierung von Dünnschliffen festzulegen. Auch statistische Untersuchungen können mit Hilfe des Röntgenverfahrens durchgeführt werden. So konnten die Verfasser bei einer größeren Zahl von Nyssa-Steinkernen die Zahl der Kammern in Röntgenbildern feststellen (in Vorbereitung).

Dank. Die vorliegende Arbeit wurde von Carlsbergfondet und Det Naturvidenskabelige Forskningsråd finanziell unterstützt. Für wertvolle Hinweise möchten wir Prof. N. Spjeldnæs (Århus) und Prof. W. Stürmer (Erlangen) danken. Prof. R. E. Holtum (Kew Gardens) stellte uns rezentes Vergleichsmaterial von Zingiberaceen zur Verfügung. Die Herstellung der Dünnschliffe besorgten K. E. Samuelsson (Naturhistoriska Riksmuseet, Stockholm) und S. R. Jacobsen, die Fotoarbeiten J. Sommer und die Reinschrift des Manuskriptes B. Bech Sørensen. Die Röntgenaufnahmen wurden im Sedimentologischen Laboratorium des Geologischen Institutes Århus (Prof. G. Larsen) angefertigt, mit Ausnahme von Taf. 1, Fig. B, die in der Tandlægehøjskole Århus (Dr. E. Ratjen) hergestellt wurde.

Dansk sammendrag

Røntgenfotografering hører i dag til palæontologiens standardmetoder, men har hidtil ikke fundet anvendelse i palæobotaniken.

Forfatternes erfaringer med anvendelse af røntgenfotografering, herunder optagelser af stereoskopiske billedsæt, til palæobotaniske og især til karpologiske undersøgelser omtales. Metoden belyses ved en række eksempler fra undersøgelser af fossile frø og frugter af forskellig bevaringstilstand og alder: *Rosenkrantzia picrodendroides* Koch, *Coryphoides poulsenii* Koch og *Coryphoicarpus globoides* Koch fra Danien, Grønland; *Spirematospermum wetzleri* (Heer) Chandler fra Miocæn, Jylland; *Tectocarya rhenana* Kirchheimer fra Miocæn, Tyskland og *Alpinia pahangensis* Ridley, nulevende i Indien.

Literaturverzeichnis

- Bé, A. W. H., Jongbloed, W. L. & McIntyre, A. 1969: X-ray microscopy of Recent planktonic Foraminifera. *Journ. of Paleont.* **43**(6), 1384–1396, Menasha, Wisconsin.
- Friedrich, W. L. & Koch, B. E. (1970): Comparison of fruits and seeds of fossil *Spirematospermum* (Zingiberaceae) with those of living *Cenolophon*. *Bull. geol. Soc. Denmark*, **20**, 192–195, Kopenhagen.
- Heer, O. 1859: *Flora tertiaria Helvetiae*, **2**, 1–377, Winterthur.
- Kirchheimer, F. 1934: Neue Ergebnisse und Probleme paläobotanischer Braunkohlenforschungen. *Braunkohle*, **33**, 769–774, Halle.
- Kirchheimer, F. 1936: Beiträge zur Kenntnis der Tertiärflora. Früchte und Samen aus dem deutschen Tertiär. *Palaeontographica* **82**, Abt. B, 73–141, Stuttgart.
- Kirchheimer, F. 1957: *Die Laubgewächse der Braunkohlenzeit*. 1–783, Halle.
- Koch, B. E. 1972a: Coryphoid palm fruits and seeds from the Danian of Nûgssuaq, West Greenland. *Bull. Grønlands geol. Unders.* **99** (also *Meddr Grønland* **193**⁴)
 ○ Kopenhagen.
- Koch, B. E. 1972b: Sossil Picrodendroid fruit from the Danian of Nûgssuaq, West Greenland. *Bull. Grønlands geol. Unders.* **98** (also *Meddr Grønland* **193**³). Kopenhagen.
- Koch, B. E. & Friedrich, W. L. 1971: Früchte und Samen von *Spirematospermum* aus der miozänen Fæstervholt-Flora in Dänemark. *Palaeontographica* **B,136**. Stuttgart.

Tafel 1

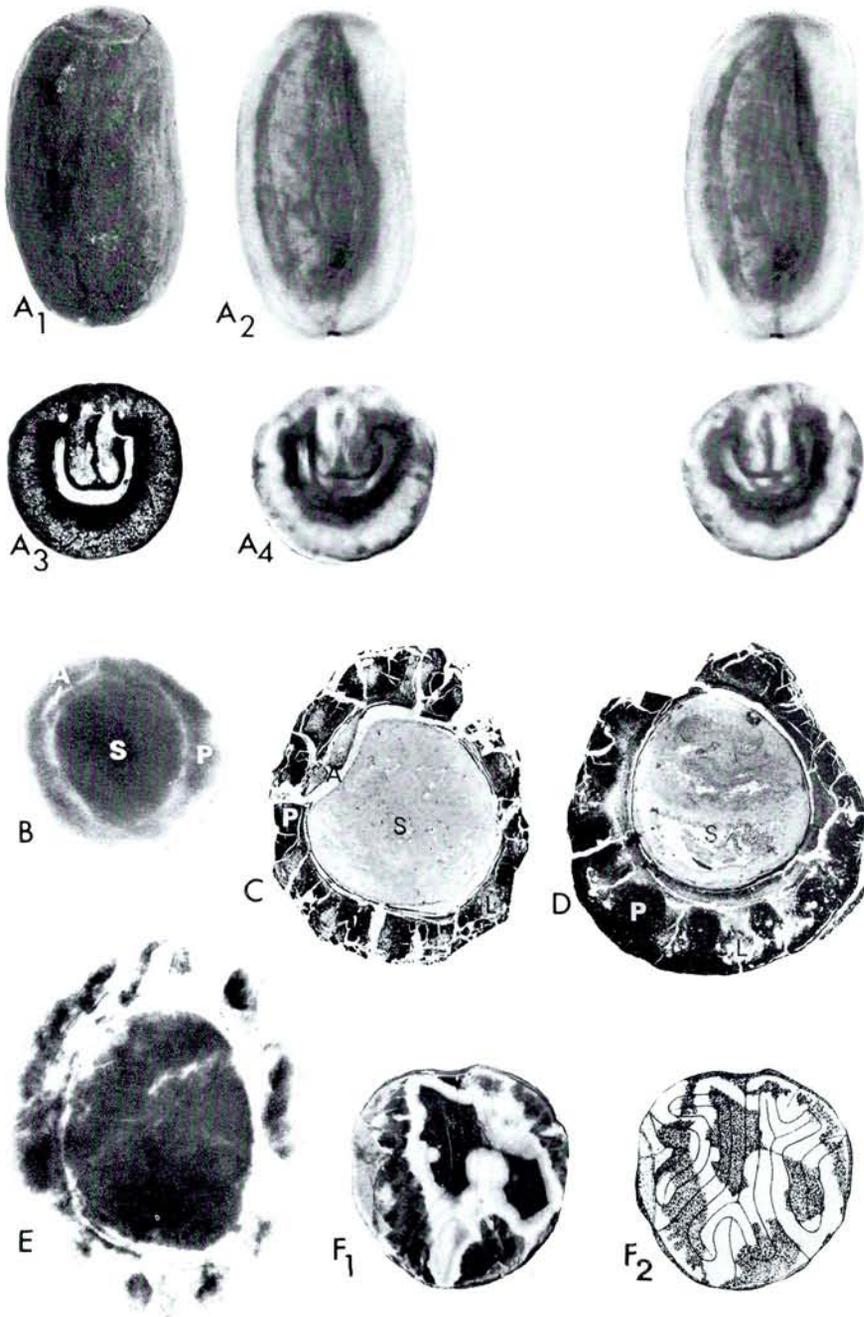
Fig. A: *Tectocarya rhenana* Kirchheimer: Konzendorf, Rheinland. $\times 1$. A₁: Vollständige Frucht. Im oberen Teil ist der Diskus sichtbar. A₂: Röntgen-Stereoaufnahme. Die Lage und Form des Steinkernes sind sichtbar; auch die im Pericarp verlaufenden Leitungsstränge. kV: 30; mA: 5; 1½ Minuten. A₃: Querschliff durch A₁. Das im Querschnitt hufeisenförmige Endocarp, bei dem zartere Gewebeteile nicht erhalten sind, ist deutlich erkennbar. A₄: Röntgen-Stereoaufnahme von A₁ (»Querschnitt«). Die dunklen Punkte in der Peripherie des Pericarpes entsprechen den Leitungssträngen. (Vergleiche A₃). kV: 30; mA: 5; 1½ Minuten.

Fig. B–F: *Rosenkrantzia picrodendroides* Koch: Fig. B: Röntgentomographie. »Querschnitt« durch die Mitte einer Frucht. A: Abortierter Same, P: Pericarp mit schwach sichtbaren Leitbündeln, S: Same (*Nuzellus*). (Vergleiche Taf. 1, Fig. C). $\times 2,5$. GGU 11705,11. kV: 100; mA: 150.

Fig. C: Querschliff durch die Mitte einer Frucht, analog B. $\times 2$. GGU 9249,14.

Fig. D: Querschliff durch die Mitte einer Frucht, die keinen abortierten Samen enthält. $\times 2$. GGU 11705,3.

Fig. E: Röntgenaufnahme, »Querschnitt«, analog Fig. D + F, ohne abortierte Samen und mit schwach sichtbarer Kotyledonen-Struktur. (Vergleiche Fig. F). $\times 2$. GGU 9249,31. kV: 50; mA: 5; 8 Minuten. Fig. F₁: Polierter Anschlag eines Samens (Querschnitt), bei dem die gefalteten Kotyledonen erkennbar sind (dünne dunkle Linien). $\times 2,5$. Fig. F₂: Vereinfachte Skizze von Fig. F₁.



Tafel 2

Fig. A: *Coryphoides poulsenii* Koch: Röntgenaufnahme (»Querschnitt«). Der schwarze Ring in der Mitte entspricht der Eintrittsstelle der Leitbündel, das kleine Oval der plazentalen Narbe und das grössere Oval dem maximalen Umriss der Columella. R: Raphe. $\times 2,5$. GGU 8179,3. kV: 40; mA: 5; 3 Minuten.

Fig. B: *Coryphoides poulsenii* Koch. B₁: Same von der Basis (plazentale Narbe) betrachtet. R: Raphe. $\times 2,5$. GGU 9249,64. B₂: Das gleiche Stück von der Seite betrachtet. PN: Plazentale Narbe.

Fig. C: *Coryphoicarpus globoides* Koch: Same mit Resten des Pericarpes. PN: Plazentale Narbe, R: Raphe. $\times 4,5$. GGU 20166.

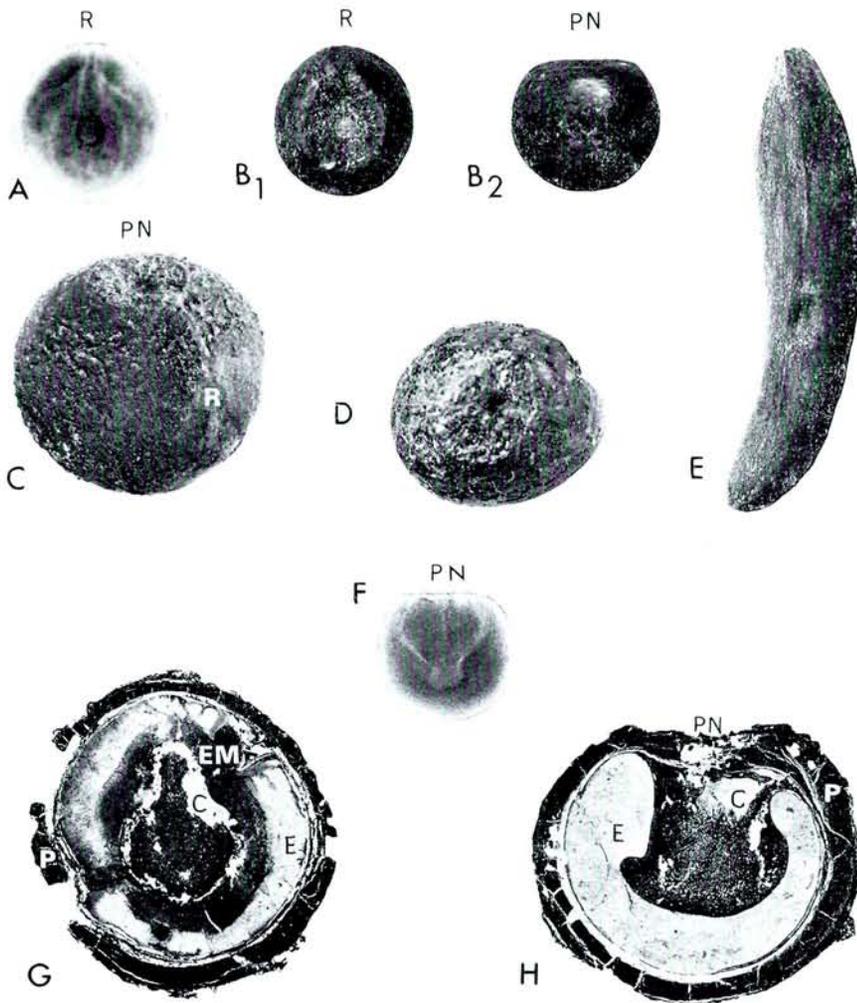
Fig. D: *Coryphoides poulsenii* Koch: Frucht von der Basis betrachtet. Die inkohlte Frucht zeigt die Abtrennungsnarbe. $\times 2,5$. GGU 9249,63.

Fig. E: *Spirematospermum wetzleri* (Heer) Chandler: Frucht aus Fasterholt. Dänemark. $\times 1$. CN3,1 A8.

Fig. F: *Coryphoides poulsenii* Koch: Röntgenaufnahme (»Längsschnitt«). Die Columella ist deutlich sichtbar (Siehe Taf. 2, Fig. H). PN: Plazentale Narbe. $\times 3$. GGU 9249,64. kV: 45; mA: 5; 3 Minuten.

Fig. G: *Coryphoides poulsenii* Koch: Zentraler Querschliff. Bezeichnungen wie bei Fig. H. EM: Embryo. $\times 4$. GGU 9249,69.

Fig. H: *Coryphoides poulsenii* Koch: Zentraler Längsschliff. C: Columella, E: Endosperm (*Nuzellus*), P: Pericarp, PN: Plazentale Narbe. $\times 4$. GGU 9249,62.



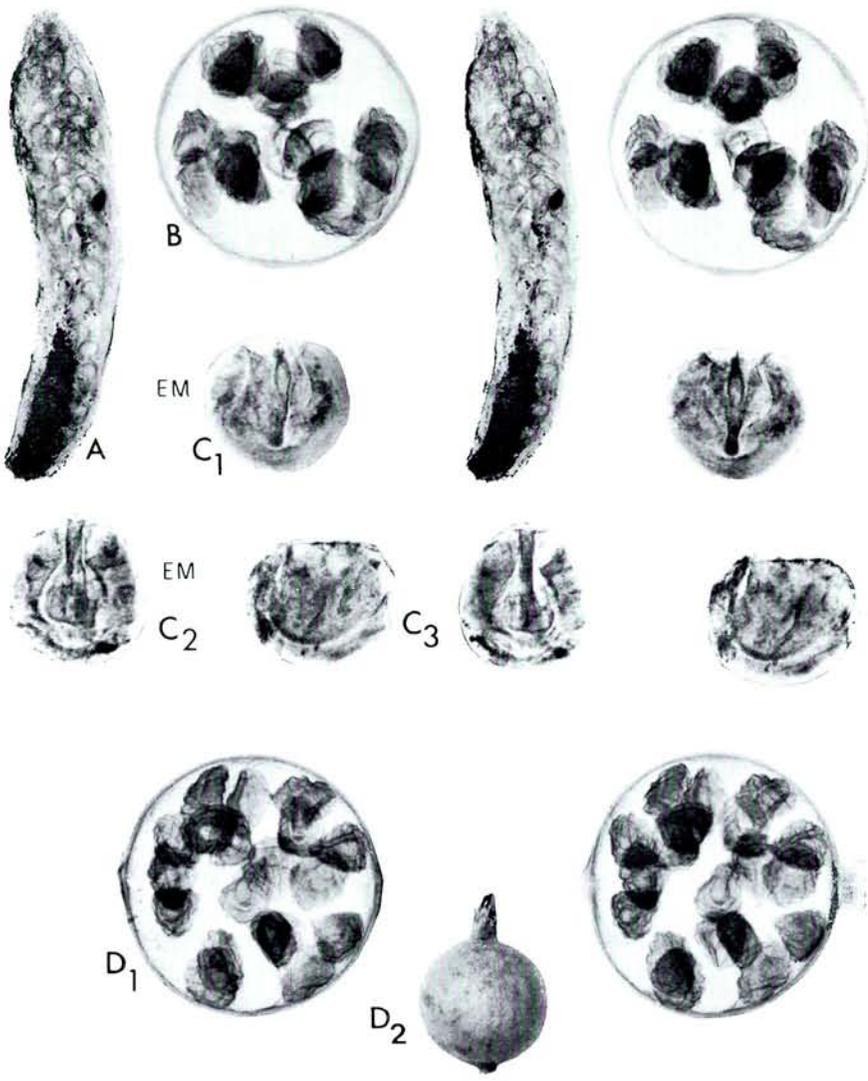
Tafel 3

Fig. A: *Spirematospermum wetzleri* (Heer) Chandler: Röntgen-Stereoaufnahme. Gleiches Exemplar wie Taf. 2, Fig. E. Die drei Kammern der Frucht enthalten zahlreiche Samen, die aufgrund ihrer flaschenförmigen Gestalt eine Schrägstellung der Samen erkennen lassen. Die Öffnungen der »Flaschen« (Hilum) sind auf den Apex der Frucht ausgerichtet, der wegen einer teilweisen Ausfüllung mit Sand im positiven Röntgenbild schwarz erscheint. $\times 1$. kV: 30; mA: 5; 1½ Minuten.

Fig. B: *Alpinia pahangensis* Ridley. (Rezent aus Indien): Röntgen-Stereoaufnahme (»Querschnitt«) einer trilobularen Frucht mit Samen. $\times 2$. kV: 30; mA: 5; 1¾ Minuten.

Fig. C: *Coryphoicarpus globoides* Koch: Die drei Röntgen-Stereobilder zeigen den gleichen Samen aufgenommen in drei zueinander senkrechten Positionen. $\times 3$. C₁: Aufnahme rechtwinklig zur Symmetrieebene (Raphe-Ebene). Die dunkle senkrechte Linie ist die Raphe; die plazentale Narbe liegt oben. Die komplexe saccate Struktur in der Mitte ist die Columella. EM: Embryo. C₂: Aufnahme senkrecht zur Symmetrieebene. Die plazentale Narbe ist als tropfenförmige Zentralpartie zu sehen, von der die Raphe senkrecht (nach oben) ausgeht. EM: Embryo. C₃: Aufnahme parallel zur Symmetrieebene. Die grosse, saccate Struktur ist die Columella. Vergleiche Abb. 2F und 2G. GGU 20166. kV: 40; mA: 5; 5 Minuten.

Fig. D: *Alpinia pahangensis* Ridley (Rezent aus Indien) (Ref. Abb. 4). D₁: Röntgen-Stereoaufnahme (»Längsschnitt«). $\times 2$. Die Dicke des Pericarps und die Anzahl und Form der in drei Kammern verteilten Samen sind feststellbar. kV: 30; mA: 5; 1¾ Minuten. D₂: Globuläre Kapsel- frucht. $\times 1$.



- Kräusel R. 1950: *Die paläobotanischen Untersuchungsmethoden*, 1–98, Jena: G. Fischer Verlag.
- Lehmann, W. M. 1938: Die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Paläontologie. *Jahresber. Oberrhein. Geol. Ver. Mitt. N. F.* 27, 16–24. Stuttgart.
- Ludwig, R. 1860: Fossile Pflanzen aus der ältesten Abtheilung der Rheinisch-Wetterauer Tertiär-Formation. *Palaeontographica VIII*, 37–154, Cassel.
- Peyer, B. 1934: Über die Röntgenuntersuchung von Fossilien, hauptsächlich von Vertebraten. *Acta Radiologica*, 15, 364–379, Stockholm.
- Roger, J. 1947: Sur l'application des rayons X aux études paléontologiques. *Bull. Mus. Nat. d'Hist. Nat.* 19(1), 118–120. Paris.
- Schaarschmidt, F. 1968: Paläobotanik II. *B I Hochschultaschenbücher 359/359a*, 1–80, Mannheim.
- Schmidt, R. A. M. 1948: Radiographic Methods in Paleontology. *Amer. J. Sci.* 246, 615–627, New Haven, Connecticut.
- Stürmer, W. 1968: Einige Beobachtungen an devonischen Fossilien mit Röntgenstrahlen. *Natur und Museum*, 98 (10), 413–417, Frankfurt.
- Stürmer, W. 1970: Soft parts of Cephalopods and Trilobites: Some Surprising results of X-ray examinations of Devonian Slates. *Science*, 170, 1300–1302, Washington.
- Thiede, J. & Larsen, G. 1970: Zur Herstellung von Radiographien feinkörniger Kalke. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.* 1970 (12), 723–735, Stuttgart.
- Zangerl, R. 1965: Radiographic Techniques. 305–320. In Kummel, B. & Raup, D. (Edit.): *Handbook of Paleontological Techniques*, San Francisco.