

Experimentelle Untersuchungen von Oberflächenstrukturen an Diasporen in klastischen Sedimenten im Vergleich mit Diasporen aus dem Köflach-Voitsberg Braunkohlenrevier

Experimental investigations of the surface of diaspores in clastic sediments and their bearing on diaspores from the Köflach-Voitsberg lignite mining district

Werner HUBER* & David K. FERGUSON**

von

HUBER, W. & FERGUSON, D.K., 1997. Experimentelle Untersuchungen von Oberflächenstrukturen an Diasporen in klastischen Sedimenten im Vergleich mit Diasporen aus dem Köflach-Voitsberg Braunkohlenrevier. — Beitr. Paläont., 22:79–89, 1 Abb., 3 Taf., Wien.

Zusammenfassung

An fossilen Samen von *Cephalotaxus miocenica* aus dem Braunkohlenrevier „Köflach-Voitsberg“ waren auffällige „Striemen“ erkennbar. Es stellte sich die Frage, ob man anhand typischer Verletzungsmuster, die möglicherweise wassertransportbedingte Ursache dieser Verletzungen im Experiment nachvollziehen und erklären kann. Diasporen werden z.B. bei Hochwasser starken Strömungen ausgesetzt und als Bodenlast transportiert. Durch diese Verfrachtung werden die Diasporen verletzt und zum Teil komplett zerstört. Experimentelle Untersuchungen mit Trommelmaschinen sollen die Bedingungen an Fließgewässerböden und daraus resultierende Belastungen auf Diasporen simulieren. Es wurden verschiedenkörnige Sedimente und unterschiedliche Umdrehungsgeschwindigkeiten angewendet. Wie erwartet wurden die Oberfläche von verholzten Diasporen abgeschliffen und abgerundet, die Flügeln von Flugdiasporen stark beschädigt, Haare und Anhängsel von Diasporen wurden abgerieben usw. Dabei sind die Beschädigungsmuster in feinkörnigeren Sedimenten bei längerer Transportzeit ähnlich denen in gröbkörnigeren bei kürzerer. Durch das Erkennen von typischen Verletzungsmustern soll es möglich sein, einen Beitrag zur Aufklärung von paläoökologischen, paläoklimatischen Fragestellungen zu liefern.

Abstract

Streaks were observed on fossil diaspores of *Cephalotaxus miocenica* from the lignite mine of Köflach-

Voitsberg in Styria. It was suggested that these streaks could have been caused by transport in the bed load of a river. During floods, strong currents set the clastic sediments and their accompanying diaspores in motion. In this process the diaspores are damaged or even completely destroyed. Experiments with tumbling mills were designed to simulate the conditions existing in the bed load. Different sediments and speeds of rotation were employed. As would be expected the surface of the woody diaspores became abraded and rounded, wings of winged diaspores badly damaged, while any hairs and appendages on diaspores were removed. The pattern of destruction is basically the same in fine and coarse sediments. However, in finer sediments the process of abrasion takes longer.

The consequences of abrasion for the interpretation of diaspore assemblages in clastic sediments are discussed.

Einleitung

Im Köflach-Voitsberg Braunkohlenrevier wurde bereits seit ca. 200 Jahren Braunkohle abgebaut. Die paläobotanische Bearbeitung begann von ETTINGSHAUSEN (1858) schon im vorigen Jahrhundert und wurde von MELLER (1992, 1995), KOVAR-EDER (1996) und KOVAR-EDER et al. (1997) ausführlicher weiterbehandelt. Die Analyse von fossilen Pollen, Blättern und Diasporen (Früchte und Samen) soll als Hilfe für paläoklimatische und paläoökologische Schlußfolgerungen sowie zur Rekonstruktion vergangener Florengemeinschaften dienen. Der Wissensstand über die damaligen Floren ist meist gering und zusätzlich oft durch taphonomische Prozesse verfälscht (SPICER & WOLFE, 1987; FERGUSON, 1985). Ein sich in unmittelbarer Nähe befindliches Gewässersystem kann z.B. bei Hochwasser Pflanzenteile, vor allem Diasporen, über weite Strecken transportieren und ablagern. Kann

* Institut für Botanik und Botanischer Garten Univ. Wien, Rennweg 14, A-1030 Wien

** Institut für Paläontologie, Geozentrum, Universität Wien, Althanstraße 14, A-1090 Wien

durch charakteristische Verletzungs- bzw. Veränderungsmuster von verfrachteten, florenverfälschenden Diasporen der Wassertransport nachgewiesen werden. Insbesondere da an Samen von *Cephalotaxus* (MELLER, 1995) aus dem Köflach-Voitsberg Braunkohlenrevier Striemen, möglicherweise transportbedingte Verletzungen, erkannt wurden.

M a t e r i a l u n d M e t h o d e n : Mit einer rotierenden Trommelmaschine (SPICER, 1981), vergleichbar mit einer Betonmischmaschine, wurden die hydro-mechanischen Bedingungen in einem Fließgewässer, besonders die im Bereich der Gewässersohle, unter Laborbedingungen simuliert. Diasporen sinken ab und werden im Grenzbereich der Gewässersohle transportiert (SANDER & GEE, 1995). Unterschiedliche rezente Diasporentypen (Flugfrucht bzw. -same, Steinfrucht, Zapfen usw.) wurden mit verschiedenen körnigen Sedimenten samt Wasser diesen strömungsverursachten Belastungen ausgesetzt. Veränderungen und Verletzungen der rezenten Diasporen wurden mit denen der fossilen verglichen, um auf mögliche transportbedingte Veränderungen fossiler Diasporen schließen zu können. Dies könnte mit Hilfe der Ergebnisse der laufenden sedimentologischen, kohlenpetrographischen, paläobotanischen und -zoologischen Untersuchungen mehr über das Umland dieses untermiozänen Biotops in Erfahrung bringen.

Um den Einfluß und das Ausmaß der strömungsverursachten Belastungen auf Diasporen festzustellen, wurden diese mit Wasser und Sediment in eine rotierende Trommelmaschine gebracht. Es wurden folgende Diasporentypen verwendet:

Zapfen: *Metasequoia glyptostroboides*, *Cryptomeria japonica*, *Pinus strobus*, *Picea abies*

Verholzte Samen mit Arillen: *Cephalotaxus harringtonia*, *Magnolia* sp. (cf. *soulangeana*)

Diasporen mit Flügeln: *Liriodendron tulipifera*, *Pterocarya fraxinifolia*, *Acer campestre*

Steinfrüchte ohne Exocarp: *Juglans nigra*, *Carya illinoensis*, *Celtis australis*, *Symplocos paniculata*, *Styrax obassia*

Samen von Beerenfrüchten: *Asimina triloba*, *Vitis vinifera*

Früchte samt Kupulen: *Fagus sylvatica*

Wegen des unterschiedlichen spezifischen Gewichtes sinken manche Diasporen im Wasser sofort, andere wiederum werden anfangs noch an der Gewässeroberfläche transportiert, schließendlich gehen aber die meisten Diasporen in wassergesättigtem Zustand über und werden als Bodenlast am Gewässerboden befördert. Darum wurden, bevor die Versuche beginnen konnten, alle Diasporen mit Hilfe eines Exsiccators in wassergesättigten Zustand überführt.

Die verwendete Versuchsanordnung soll die Belastungen, welche auf Diasporen bei Wassertransport einwirken, simulieren. Dazu wurden zwei verschieden große Trommel- oder Rotationsmaschinen (siehe Abb. 1) verwendet. Eine Kleinere (ca. 1,2 l bzw. 11 cm Länge und 13 cm Durchmesser) wurde für einen Dauerversuch in Anwendung gebracht. Um die in der Natur nicht vorhandene gleichmäßig rotierende Bewegung zu kompensieren, wurde die größere Trommelmaschine (ca. 27 l bzw. 28 cm Durchmesser und 45 cm Länge) mit zwei längslaufenden Metallstäben ausgestattet. Die Behälter wurden nur halb befüllt, zu etwa gleichen Teilen Sediment und Wasser sowie mit den Diasporen. Die Rotationsgeschwindigkeit der großen Trommel betrug

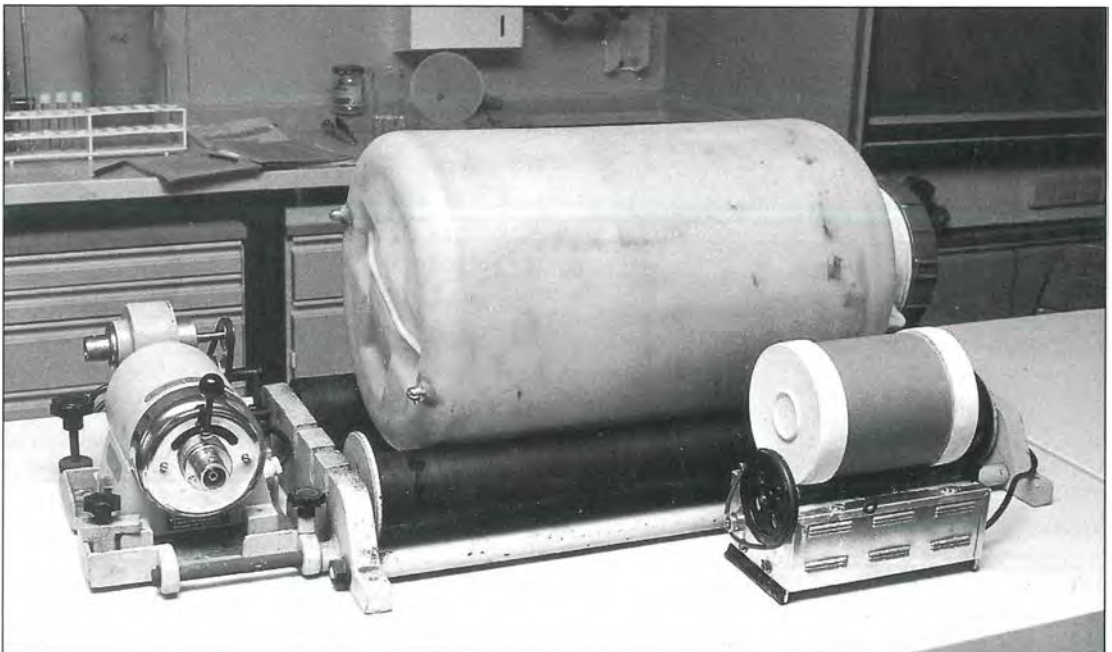


Abb. 1: Versuchsanordnung – Trommelmaschinen

max. 54 U/min, die der kleineren im Dauerversuch 32 U/min.

Als Sediment wurde verwendet:

Versuch **A** und **Dauerversuch**: Medium bis gut sortierter Sand (Fein- bis Grobsand),

Versuchsdauer 14 und 50 Tage.

Versuch **B**: Medium bis gut sortierter Fein- bis Mittelkies,

Versuchsdauer 2 Tage.

Versuch **C**: Schlecht sortierter, korngestützter Grobsand bis Feinkies – Originalsediment aus Köflach-Voitsberg (Me-Ob 90-5-1),

(besonders artenreiche Schicht, MELLER 1996),

Versuchsdauer 2 Tage.

Versuch **D**: Schlecht sortierter, korngestützter Fein- bis Mittelkies, siltige bis feinsandige Matrix - Originalsediment aus Köflach-Voitsberg (Mutkogel),

Versuchsdauer 18 Tage.

Die den Versuchen ausgesetzten Diasporen wurden zu unterschiedlichen Zeitabständen einer durch ein Stereomikroskop unterstützten Prüfung unterzogen und fotografiert. So konnten die Verletzungsmuster und intensitäten mit fortschreitender Versuchsdauer erkannt werden. Ebenso wurden ausgewählte Proben nach Beendigung der Versuche unter Zuhilfenahme eines REMs (Rasterelektronenmikroskop) untersucht und dokumentiert. Dabei wurden fossile Originaldiasporen aus dem Braunkohlenrevier, rezente Diasporen und die Versuchsdiasporen¹ verglichen.

Ergebnisse

Bei den langandauernden Versuchen (bis max. 50 Tage) in feinkörnigeren Sedimenten (A, C und Dauerversuch) wurden grundlegend ähnliche Verletzungsmuster erzielt, als bei den in grobkörnigen nach bereits etwa 2 Tagen. Die mit Wasser und Sediment befüllten Trommelmaschinen wirken auf die Diasporen wie Schleif- oder Poliermaschinen. Besonders scharfe Kanten, Flügel, Unebenheiten, Ränder, Haare usw. werden durch die einwirkenden Belastungen abgeschliffen. Bei geringeren Umdrehungen der Trommeln, also bei Simulation eines langsam fließenden Gewässers, waren die Beschädigungen wesentlich geringer bis fast unmerklich.

Verletzungsmuster der einzelnen verwendeten Diasporen:

Zapfen: Bei allen Zapfen (*Pinus strobus*, *Picea abies*, *Metasequoia glyptostroboides*, *Cryptomeria japonica*) wurden erst bei einer längeren Versuchsdauer an den Schuppenenden unterschiedlich starke Aus-

fransungen beobachtet. Die Zapfen von *Cryptomeria japonica* überstanden den 50-tägigen Dauerversuch ohne auffällige Verletzungen, auch *Metasequoia glyptostroboides* (Abrundungstendenz der Zapfen) erwies sich resistenter als *Pinus strobus* und *Picea abies* (siehe Tafel 1, Fig. 6). Die Enden der Zapfenschuppen von *Metasequoia glyptostroboides* wurden bei zunehmender Belastung stärker aufgerieben und ausgefranst. Ebenso wie bei *Metasequoia glyptostroboides* wurde auch bei *Cryptomeria japonica* schon nach kurzer Zeit der Zapfenstiel abgebrochen. Ein fossiler Zapfen einer Pinaceae zeigte ähnliche Verletzungsstrukturen wie die im Experiment verwendeten Zapfen von *Pinus* und *Picea* nach längerer Belastungsdauer im gröberen Sediment. Das Vorhandensein von Harz wirkt anfangs noch als Schutz, wird aber in weiterer Folge abgeschabt.

Samen mit Arillen: Die Samen von *Cephalotaxus harringtonia* (siehe Tafel 2, Fig. 2) und *Magnolia* sp. (siehe Tafel 2, Fig. 1) sind verholzt und zeigen auch bei starker Belastung nur andeutungsweise Abschabungen der Testa. Die vorerst harte Sarcotesta von *Magnolia* sp. löste sich durch den Einfluß von Wasser und mechanischer Belastung bald auf.

Steinfrüchte: Das Perikarp von *Juglans nigra*, *Celtis australis* und *Styrax obassia* wurde bei stärkerer mechanischer Einwirkung abgeschabt, und der verholzte Steinkern (Endokarp) wurde freigelegt. Die scharfen Leisten des Steinkerns von *Juglans nigra* (siehe Tafel 1, Fig. 5 und Tafel 3, Fig. 2) wurden abgeschliffen. In grobkörnigeren Sedimenten und bei längerer Versuchsdauer wurde dies verstärkt. Der Steinkern von *Styrax obassia* zeigt eine leichte Tendenz zur Abrundung und Oberflächennivellierung ebenso der von *Celtis australis*, wobei bei letzterer das Perikarp noch längere Zeit als Schutz über den Steinkern erhalten blieb. Beim sehr glatten und runden Steinkern von *Carya illinoensis* (siehe Tafel 1, Fig. 7) wurde, bei allen Versuchen, lediglich eine Abmattung der Oberfläche festgestellt.

Samen von Beerenfrüchten: Die verholzten Samen von *Asimina triloba* (siehe Tafel 1, Fig. 8) überstanden ohne makroskopisch auffällige Verletzungen die Versuche. Die Abrundungstendenz, wie bei allen verholzten Diasporen, konnte auch bei *Asimina triloba* ansatzweise erkannt werden. Die Samen von *Vitis vinifera* wurden anfangs ebenso abgerundet, am Ende des 50-tägigen Dauerversuchs war allerdings der Großteil völlig zerstört und nicht mehr als Same erkennbar.

Kupulen mit Früchten: Die für die Artbestimmung dienlichen Anhängsel (Appendizes) der Kupulen von *Fagus sylvatica* (siehe Tafel 1, Fig. 1) wurden ebenso wie die Haare nach längerer Versuchsdauer abgeschabt. Besonders die gröberen Sedimente rieben die Oberfläche der Kupulen besonders stark ab. Fallweise wurden Klappen der Kupulen abgerissen. Auch beim 50-tägigen Dauerversuch im feineren Sediment wurden die Kupulen glatt geschliffen. An den Früchten selbst konn-

¹ Die meisten Diasporen wurden im Botanischen Garten der Univ. Wien, Rennweg gesammelt.

Symplocos paniculata und *Styrax obassia* wurden von Herrn Jan Tolsma vom Botanischen Garten der Univ. Utrecht/Niederlande zur Verfügung gestellt.

ten keine makroskopisch sichtbaren Verletzungen festgestellt werden.

Diasporen mit Flügeln: Besonders dramatisch wirkten sich die Belastungen bei den Flugfrüchten von *Acer campestre* (siehe Tafel 1, Fig. 3), *Pterocarya fraxinifolia* (siehe Tafel 1, Fig. 4 und Tafel 3, Fig. 1) und (*Liriodendron tulipifera*) (siehe Tafel 1, Fig. 2) aus. Bei allen wurden schon nach kurzer Versuchsdauer Abrasionen der Flügel beobachtet, die bei längerer Versuchsdauer zu völliger Zerstörung führte. Bei *Pterocarya fraxinifolia* blieb lediglich die stark abgeschliffene Steinfrucht ohne Flügel erhalten. Bei *Acer campestre* konnte nur noch die Ansatzstelle des Flügels erkannt werden. Vom Flügel von *Liriodendron tulipifera* blieb nur der Proximalkiel erhalten. Durch die geringe Größe des Samens von *Liriodendron tulipifera* wurde die Erkennbarkeit und Auffindbarkeit im Sediment besonders erschwert.

Diskussion

Die experimentellen Untersuchungen haben gezeigt, daß an einigen der verwendeten Diasporen, wie auch erwartet, charakteristische Abriebmuster festgestellt werden können. Besonders die Flügel der Flug-Diasporen von *Pterocarya fraxinifolia*, *Acer campestre* und *Liriodendron tulipifera* sowie Haar- und Anhängselstrukturen von *Fagus sylvatica* wurden stark beschädigt und dies schon unter geringen strömungsbedingten Belastungen. Auch die in Köflach-Voitsberg beschriebenen fossilen Flug-Diasporen (*Acer* sp., *Pterocarya* s.l.) sind ohne Flügel aufgefunden worden bzw. erhalten geblieben (MELLER, 1995), wodurch eine Determinierung auf Artniveau nicht mehr möglich ist. In einem solchen Fall gestaltet sich eine paläoökologische Interpretation als schwer bis unmöglich. Eine völlige Zerstörung einzelner Diasporen, wie auch bei den Versuchen mit gröberem Sedimenten und längerer Versuchsdauer festgestellt, kann natürlich zu einem Fehlen in den Taphocoenosen führen und ebenso zu Mißinterpretationen von vergangenen Florengemeinschaften führen. Daraus resultiert auch die quantitative Über- bzw. Unterrepräsentation einiger Taxa, die ebenso nach Hochwasserperioden im Jahre 1995 in Nord- und Westdeutschland festgestellt wurde (GEE & SANDER, 1995). Die beschriebenen Abschleifungen an der Oberfläche von *Juglans nigra* konnten auch bei fossilen Exemplaren (*Juglans bergomensis*) aus dem Kohletagebau in Hambach/Niederrheinische Bucht beobachtet werden. Diese Ergebnisse lassen die Schlußfolgerung zu, daß mit experimentellen Untersuchungen dieser Art, Belastungsbedingungen, wie sie in der Fließgewässer auftreten, simuliert werden können (MIKOS & JAEGGI, 1995). Weiters ist es möglich, wenn auch nur bedingt für die vorliegende Fundstätte, vergleichbare Verletzungsmuster fossiler Diasporen durch transportbedingte Belastungen zu erklären. Dies wird von Untersuchungen (SANDER & GEE, 1995)

anlässlich der großen Überschwemmung in Nord- und Westdeutschland (1995) bestätigt. Die Diasporen werden am Flußbett und nicht an der Wasseroberfläche treibend transportiert. Durch diesen Transport in feinkörnigen Sedimenten konnten an ihnen Abrundungen und andere Beschädigungen festgestellt werden. Sicherlich sind für Verletzungen von Diasporen nicht nur die beschriebenen Belastungen zu berücksichtigen, auch die durch Mikroben verursachte Biodegradation wirkt auf die Zerstörung der Diasporen ein (COLLINS, 1983).

Nicht oder nur schwer sind die im Experiment simulierten Bedingungen in Strömungsgeschwindigkeit des Gewässers und den daraus resultierenden Transportweg umzurechnen. Der Versuch mit max. 54 U/min simuliert aber sicherlich ein Gewässer mit hoher Fließgeschwindigkeit. Dieser Versuch soll nicht die Energien des Gewässersystems des miozänen Köflach-Voitsberg nachahmen, sondern vielmehr typische Verletzungsmuster von in Fließgewässern transportierte Diasporen erkennen lassen. Diese Verletzungsmuster sind bei oben genannten Diasporen unter verschiedensten Milieubedingungen (feinkörnigeres und grobkörnigeres Sediment, Veränderung der Umdrehungsgeschwindigkeiten, unterschiedliche Versuchsdauer) nachweisbar.

Keine oder makroskopisch kaum sichtbare Veränderungen konnten auf Grund der mechanischen Resistenz bei Diasporen mit verholzter, glatter Oberfläche (*Cephalotaxus harringtonia*, *Magnolia* sp., *Asimina triloba*, *Carya illinoensis*, *Styrax obassia*) festgestellt werden, wie sie auch nach dem Hochwasser in Nord- und Westdeutschland von SANDER & GEE (1995) beobachtet werden konnten.

Daraus kann man schließen, daß die den Versuch inspirierenden „Striemen“ an der verholzten Oberfläche einiger Samen von *Cephalotaxus miocenica* wahrscheinlich andere als wassertransportbedingte Gründe haben müssen, möglicherweise diagenetische Ursachen. Durch die zum Teil schlecht erhaltenen fossilen Diasporen aus Köflach-Voitsberg sind direkte Rückschlüsse auf die Transportweg und -belastungen und in weiterer Folge eine Rekonstruktion des miozänen Umlandes und Gewässersystems nur schwer möglich. Abschließend kann festgestellt werden, daß Tendenzen von Verletzungs- und Abriebmustern, die durch den Transport in einem Fließgewässer entstanden sind, an rezenten (im Experiment) und fossilen Diasporen nachgewiesen werden können. Dadurch kann in Einzelfällen eine Erleichterung der Rekonstruktion von Taphocoenosen erzielt werden.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden vom “Fond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich” im Rahmen des Projektes “Geo-10337” finanziert. Folgende Institution und Personen sei für das Gelingen der Arbeit herzlichst

gedankt: Institut für Paläontologie, Arbeitsgruppe Paläobotanik für die Bereitstellung des Arbeitsplatzes; Frau Mag. M. HAAS, Frau Univ.-Doz. Dr. J. KOVAR-EDER und Frau Dr. B. MELLER für allmögliche Hilfeleistungen und kritische Anmerkungen; Herrn Rat Dipl.-Ing. Dr. M. HENGL für konstruktive Anmerkungen zum Versuchsaufbau und Herrn R. GOLD für die Erstellung der Fotografien.

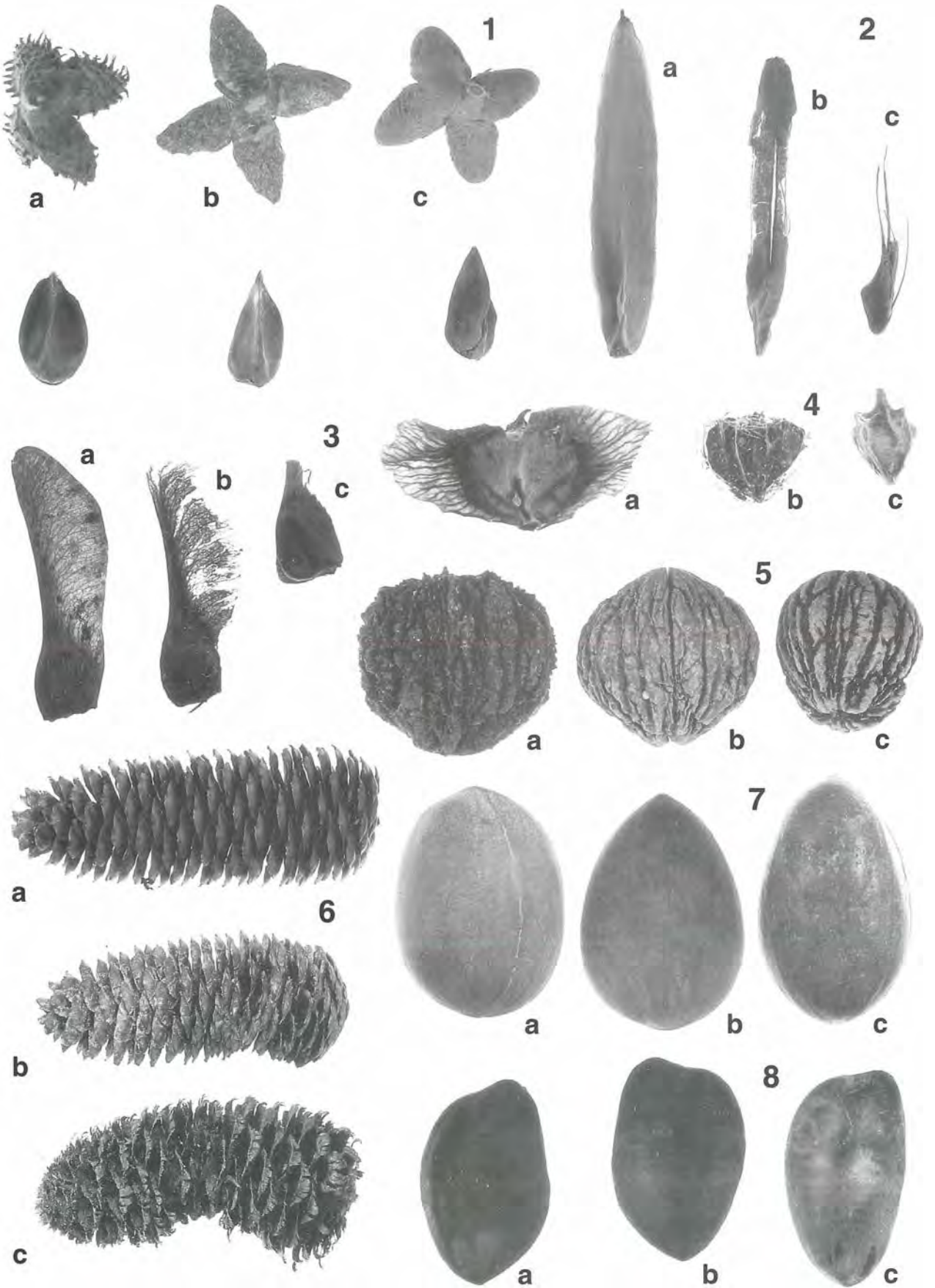
Literatur

- COLLINSON, M.E., 1983. Accumulations of fruits and seeds in three small sedimentary environments in southern England and their palaeoecological implications. — *Annals of Botany*, 52:583–592, London.
- ETTINGSHAUSEN, C.V., 1858. Die fossile Flora von Köflach in der Steiermark. — *Jb. geol. Reichsanstalt*, 8 (für 1857):738–756, Wien.
- FERGUSON, D.K., 1985. The origin of leaf-assemblages – new light on an old problem. — *Review of Palaeobotany and Palynology*, 46:117–188, Amsterdam.
- KOVAR-EDER, J., 1996. Eine bemerkenswerte Blätter-Vergesellschaftung aus dem Tagebau Oberdorf bei Köflach, Steiermark (Unter-Miozän). — *Mitt. Abt. Geol. und Paläont. Landesmuseum Joanneum*, 54: 147–171, Graz.
- KOVAR-EDER, J., MELLER, B. & ZETTER, R., 1997 (in Druck). Comparative investigations on the basal fossiliferous layers at the opencast mine Oberdorf (Köflach-Voitsberg lignite deposit, Styria, Austria; Lower Miocene). — *Review of Palaeobotany Palynology*, Amsterdam.
- MELLER, B., 1992. Früchte und Samen aus dem Köflach-Voitsberger Braunkohlenrevier – erste Ergebnisse. — *Proceedings of the Pan-European Palaeobotanical Conference, Vienna, 19–23 September 1991*:181–187, Wien.
- MELLER, B., 1995. Früchte und Samen aus dem Köflach – Voitsberg Braunkohlenrevier (Miozän; Steiermark, Österreich), Teil 1 und 2. — *Dissertation an der Formal-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien*.
- MELLER, B., 1996. Charakteristische karpö-Taphocoenosen aus den untermiozänen Sedimenten des Köflach-Voitsberger Braunkohlenrevieres (Steiermark, Österreich) im Vergleich. — *Mitt. Abt. Geol. und Paläont. Landesmuseum Joanneum*, 54:215–230, Graz.
- MIKOS, M. & JAEGGI, M.N.R., 1995. Experiments on motion of sediment mixtures in a tumbling mill to study fluvial abrasion. — *Journal of Hydraulic Research*, 33(6):751–772, Delft.
- SANDER, P.M. & GEE, C.T., 1995. Carpod deposits of the Sieg River Revisited: Lessons from the 1995 Floods. — *Abstract 7th Plant Taphonomy Meeting, Netherlands Institute for Sea Research, Texel*.
- SPICER, R.A., 1981. The sorting and deposition of allochthonous plant material in a modern environment at Silwood Lake, Silwood Park, Berkshire, England. — *Geological Survey Professional Paper, U.S. Department of the Interior*, 1143:1–77, Washington.
- SPICER, R.A. & WOLFE, J.A., 1987. Plant taphonomy of late Holocene deposits in Trinity (Clair Engle) Lake, northern California. — *Paleobiology*, 13(2): 227–245, Ithaca, NY.

TAFEL 1

- Fig. 1. Kupulen und Früchte von *Fagus sylvatica*. a: Original, b: Versuch B, c: Versuch D
- Fig. 2. Flugfrucht von *Liriodendron tulipifera*. a: Original, b: Versuch A, c: Versuch C
- Fig. 3. Flugfrucht von *Acer campestre*. a: Original, b: Versuch A, c: Versuch C
- Fig. 4. Flugfrucht von *Pterocarya fraxinifolia*. a: Original, b: Versuch A, c: Versuch C
- Fig. 5. Steinfrucht von *Juglans nigra*. a: Original, b: Versuch B, c: Versuch D
- Fig. 6. Zapfen von *Picea abies*. a: Original, b: Versuch B, c: Versuch D
- Fig. 7. Steinfrucht von *Carya illinoensis*. a: Original, b: Versuch B, c: Versuch D
- Fig. 8. Same von *Asimina triloba*. a: Original, b: Versuch B, c: Versuch D

TAFEL 1



TAFEL 2

Fig. 1. REM-Aufnahmen der Samen-Oberflächen von *Magnolia cf. soulangeana*.

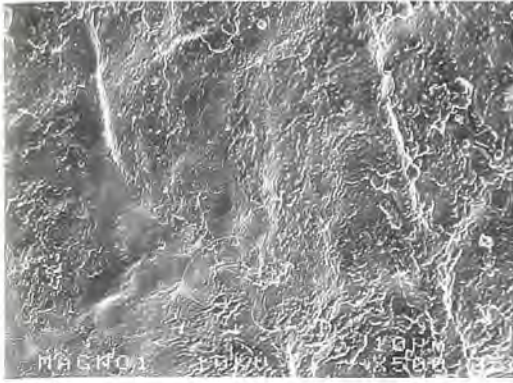
a: Original, b: Versuch A, c: Versuch B, d: fossil (*Magnolia* sp. aus Köflach)

Fig. 2. REM-Aufnahmen der Samen-Oberflächen von *Cephalotaxus harringtonia*

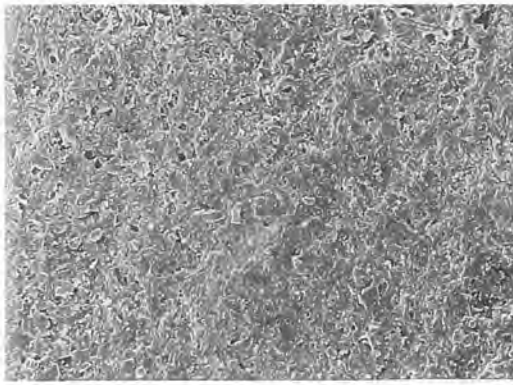
a: Original, b: Versuch A, c: Versuch B, d: fossil (*Cephalotaxus* sp. aus Köflach)

Alle Aufnahmen x 300

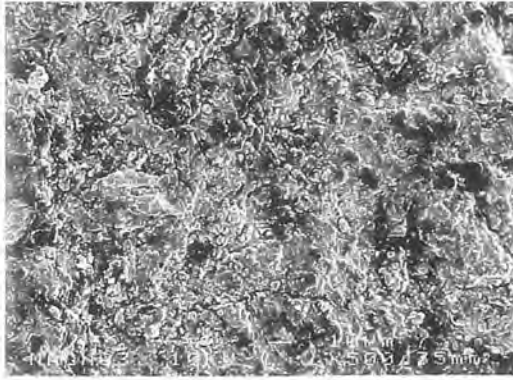
TAFEL 2



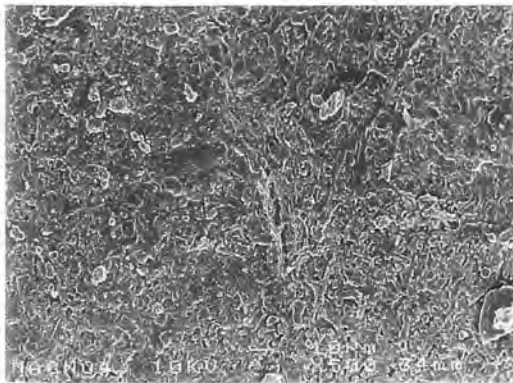
a



b

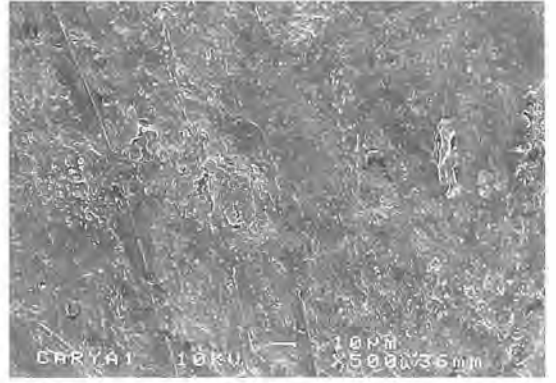


c

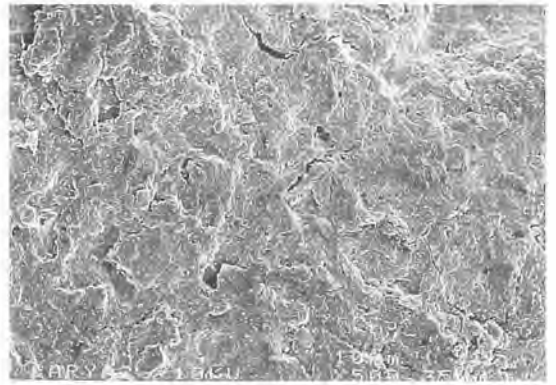


d

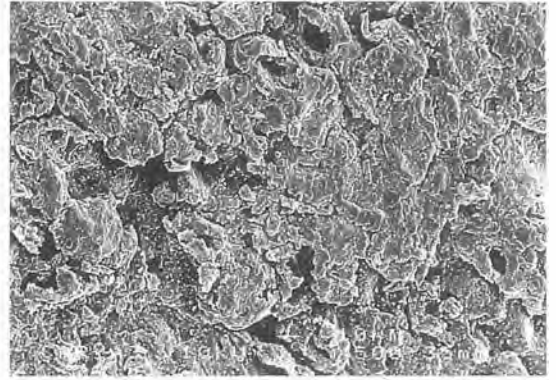
1



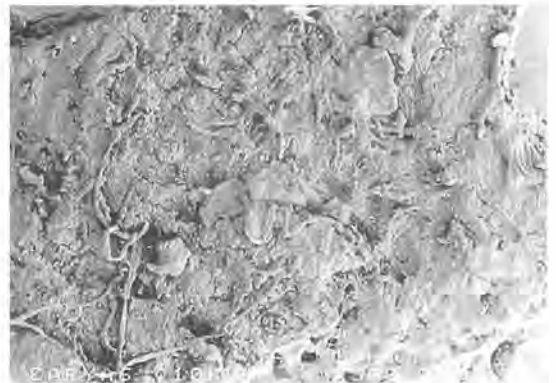
a



b



c



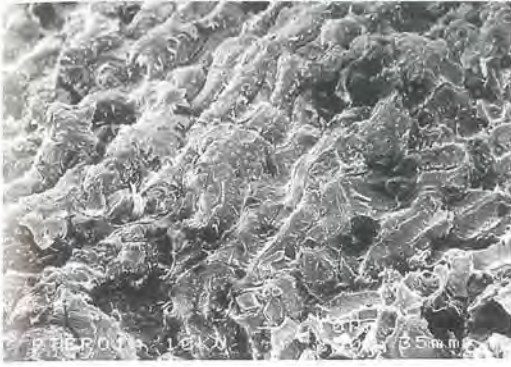
d

2

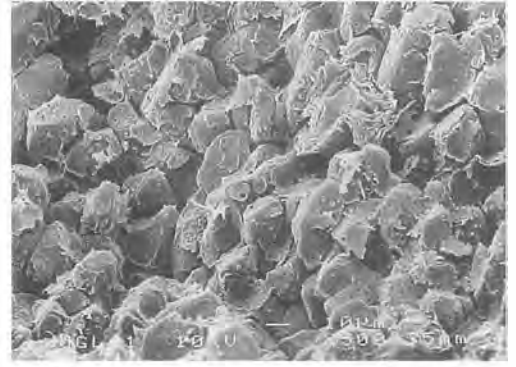
TAFEL 3

- Fig. 1. REM-Aufnahmen der Flugfrucht-Oberfläche von *Pterocarya fraxinifolia*
a: Original, b: Versuch A, c: Versuch B, d: fossil (*Pterocarya* sp. aus Köflach)
- Fig. 2. REM-Aufnahmen der Steinfrucht-Oberfläche von *Juglans nigra*
a: Original, b: Versuch A, c: Versuch B, d: fossil (*Juglans* sp. aus Hambach)
- Alle Aufnahmen x 300

TAFEL 3



a



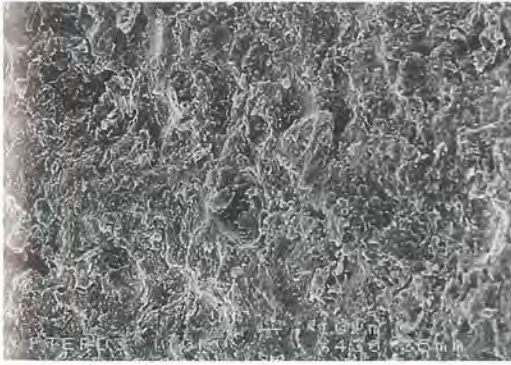
a



b



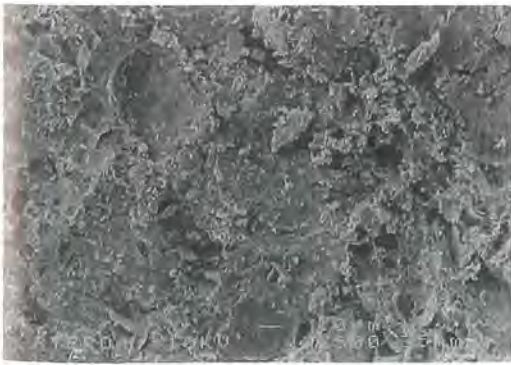
b



c



c



d

1



d

2