

NEUES ZUR MINERALOGIE DER FOSSILEN HARZE

von

S. Savkevič, Leningrad

Vortrag vor der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft am

7. Juni 1982

Seit mehr als 2 Jahrtausenden zieht der Bernstein die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler, die sich für seine Entstehung, Zusammensetzung und seine Eigenschaften interessieren, auf sich. Dank seiner Färbung, seines Glanzes und seiner einfachen Bearbeitbarkeit ist er schon seit dem Mesolithikum ein begehrter Schmuckstein. Diese Eigenschaften bewirken auch seine Popularität in unseren Tagen.

Schon PLINIUS d.Ä. und sogar einige seiner Vorgänger wiesen darauf hin, daß die an verschiedenen Fundorten gewonnenen Bernsteine sich in ihren Eigenschaften unterscheiden und bezeichneten sie daraufhin mit unterschiedlichen Termini (weiß, wachsähnlich und gelb (electrum), rot (sualiternicum)). Auch wenn die Literaturquellen dieser Epoche keine weiteren Informationen über Unterschiede in anderen Eigenschaften der bernsteinähnlichen Harze in unsere Zeit überlieferten, so sind doch in der bekannten Arbeit al'BIRUNI's "Sammlung von Einzelheiten für das Erkennen von Kostbarkeiten" Angaben über Unterschiede von Bernstein und anderen äußerlich ihm ähnlichen Harzen enthalten, so z.B. über unterschiedliche Bearbeitungsfähigkeiten, über unterschiedliche Dichte und verschiedenes Verhalten beim Erwärmen. Später, schon in der Epoche der großen geographischen Entdeckungen, als Kopal aus Mittel- und Südamerika nach Europa eingeführt wurde, entdeckte man seine Unterschiede zum Bernstein (Geruch, unterschiedliche mechanische Eigenschaften und Unterschiede bezüglich Verwendung in der Medizin).

Das nicht ausreichende Niveau der chemischen Untersuchungsmethoden von Mineralien bis hin zum Anfang des 19. Jahrhunderts, war Ursache dafür, daß im Verlaufe vieler Jahrhunderte die Trockendestillation die einzige Analysenmethode für den Bernstein war. Sie versorgte jedoch die Wissenschaftler nicht mit ausreichenden Informationen über die Zusammensetzung und den chemischen Aufbau. Das 19. Jahrhundert bringt der Mineralogie chemische Methoden und verändert erheblich den Inhalt und die Aufgaben unserer Wissenschaft in Richtung Untersuchung der chemischen Eigenschaften und Zusammensetzung der Minerale.

Die neue, chemische Etappe der Erforschung des Bernsteins (und auch der anderen fossilen Harze) eröffnet die Monographie J.F. JOHN's (1816). In ihr nutzt der Autor in großem Umfang die neuen Methoden der chemischen Analyse und gibt auf deren Grundlage eine Charakteristik der zu dieser Zeit bekannten brennbaren "Fossilien". Diese chemische Charakteristik (Elementarzusammensetzung u.a.) zusammen mit der Erforschung der physikalischen Eigenschaften ermöglichte es dem Autor, eine Klassifizierung der von ihm untersuchten Stoffe durchzuführen.

Erstmals in der Literatur macht J.F. JOHN einen Unterschied zwischen zähen und spröden fossilen Harzen, wobei er erstere als "echten" oder "edlen" Bernstein, letztere - als "ordinären" Bernstein bezeichnet. Kennzeichnende Eigenschaften des letzteren sind: Auffinden in Braunkohleflözen, hohe Sprödigkeit, leichte Schmelzbarkeit, leicht aromatischer Geschmack, geringer Anteil oder völliges Fehlen von Bernsteinsäure und erhöhte Löslichkeit in Äthanol. Das Verzeichnis von Lagerstätten, das dieser Autor bringt, macht es möglich festzustellen, daß er unter der Bezeichnung "ordinärer Bernstein" eine Gruppe von fossilen Harzen vereinigte, die jetzt als Gedanit, Walchowit oder auch allgemein als "Retinite" bekannt sind.

Die Entwicklung der Mineralogie einerseits und eine größere Zugänglichkeit des Bernsteins als Untersuchungsmaterial infolge einer Einschränkung, dann sogar völligen Abschaffung des "Bernsteinregals" - eines Staatsmonopols Preussens für die Gewinnung, den Handel und die Verarbeitung des Bernsteins - andererseits, führten zu neuen Erfolgen auf dem Gebiet der Bernsteinforschung. Deshalb war es in der nächsten, dem Bernstein gewidmeten Monographie (AYCKE, 1835) aufgrund der Untersuchung einer großen Anzahl von Bernsteinstücken, die an der Ostseeküste gewonnen wurden, möglich festzustellen, daß zwischen trüben und durchsichtigen Varietäten Stücke zu finden waren, die sich durch eine erhöhte Sprödigkeit, starken Glasglanz und eine weiße, staubartige Verwitterungskruste auszeichneten. Der Autor bemerkte, daß diese Stücke in ihren Eigenschaften dem Kopal ähneln. Es sind auch Obergangsformen von kopalähnlichen Harzen zum Bernstein festgestellt worden. Sie sind, nach der Meinung des Autors, unvollendeter Bernstein auf Grund des entsprechend niedrigen Gehaltes an Bernsteinsäure und der Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften. Gleichzeitig erwähnt J.Ch. AYCKE die Funde von dunkelgrauen, braunen und schwarzen Harzen, die kein Gagat und keine Steinkohle sind und sich den Eigenschaften nach vom Bernstein unterscheiden.

Demnach wurden bereits im ersten Drittel des 19. Jh. grundlegende Unterschiede in den Eigenschaften und der Zusammensetzung bernsteinähnlicher fossiler Harze festgehalten, was die Grundlage für die mineralogische Richtung der Untersuchung dieser Objekte im letzten Viertel des 19. Jh. bis zum Anfang des 20. Jh. bildete und ihre Entwicklung in vielem vorbestimmte.

Die Intensivierung der Bernsteingewinnung Ende der 60er, Anfang der 70er Jahre des 19. Jh. gibt der allseitigen Untersuchung des Bernsteins einen neuen Impuls. Aber die mineralogische Untersuchung des Bernsteins und der bernsteinähnlichen fossilen Harze wird noch durch eine Reihe anderer Faktoren stimuliert. Der wichtigste unter ihnen ist die Entwicklung der topographischen Mineralogie und, etwas ungewöhnlich, die Notwendigkeit der Herkunftsbestimmung des Rohstoffes für Bernsteinerzeugnisse, die bei archäologischen Ausgrabungen im Mittelmeergebiet gefunden wurden, worauf bereits auf den ersten internationalen anthropologischen und archäologischen Kongressen in Kopenhagen (1869), Bologna (1871), Stockholm (1874) und Budapest (1876) die Aufmerksamkeit gelenkt wurde.

Die Entwicklung der topographischen Mineralogie machte neue Funde fossiler Harze auf dem Territorium Zentral- und Westeuropas möglich und ihre Unterschiede gegenüber dem baltischen Bernstein in den physikalischen Eigenschaften (Farbe, Glanz, Durchsichtigkeit, Sprödigkeit, Schmelztemperatur u.a.), in den chemischen Eigenschaften (Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln, Elementarzusammensetzung, Fehlen von Bernsteinsäure), den Fundbedingungen, der Morphologie und der Textur ließen ihre Beschreibung unter eigenen mineralogischen Namen zu. Das haben angesehene Wissenschaftler wie JOHNSTON (Middletonit), HAIDINGER (Walchowit), HAUSMANN (Copalin, später Kopalit), REUSS (Pyroretin), ZEPHAROVIC (Jaulingit), GOMBEL (Euosmit), TSCHERMAK (Trinkerit), SCHRÖCKINGER (Schraufit, Muckit, Neudorfit), DOELTER (Köflachit) u.a. durchgeführt. Aber es blieb eine große Zahl von Funden fossiler Harze, die sich vom Bernstein nicht wesentlich unterscheiden und auf Grund verschiedener Ursachen (unzureichender Fundumfang für die Durchführung von Analysen, Fehlen von Vergleichsmaterial, unzureichende Laborausstattung und Qualifikation) nicht genauer untersucht wurden. Auf Grund des Prinzips: "gelb, durchsichtig (mehr oder minder) und brennt" wurden sie ohne ausreichende Begründung dem Bernstein zugeordnet.

Demzufolge entstand eine paradoxe Situation, die zwei einander logisch ausschließende Tendenzen zur Folge hatte: einerseits strebten Wissenschaftler mit allen zu dieser Zeit bekannten Methoden die Charakterisierung verschiedener fossiler Harze an, die sich sowohl in den physikalischen Eigenschaften, als auch im Chemismus (und demzufolge auch im Molekularaufbau) unterschieden, andererseits vereinigten einige Forscher unter der Bezeichnung "Bernstein" jegliche, nur äußerlich ähnliche fossile Harze, ohne auf ihre Ähnlichkeiten und Unterschiede in allen der Untersuchung zugänglichen physikalischen und chemischen Eigenschaften einzugehen.

Die Entwicklung der ersten der oben erwähnten Tendenzen finden wir im Zyklus der Publikationen von Otto HELM, die dem Bernstein und bernsteinähnlichen fossilen Harzen gewidmet sind. Auf Grund einer Untersuchung der physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Objekte mit allen ihm zur Verfügung stehenden Methoden sondert er Gedanit (1878), Glessit (1881), Simetit (1866), Rumänit (1891) und Birmitt (1893) aus. Sowohl die obengenannten, als auch die anderen nicht erwähnten Mineralarten der fossilen Harze haben in allen wertvollen Nachschlagewerken und Anleitungen der Mineralogie (so DANA, DOELTER, HINTZE, HAY, STRUNZ usw.) ihren Platz gefunden.

Die zweite Tendenz ist ihrem Wesen nach pseudowissenschaftlich, da den Regeln der wissenschaftlichen Terminologie nach es nicht zulässig ist, ein und denselben Begriff für die Bezeichnung von Stoffen (oder Objekten) unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung zu benutzen.

Deshalb ist es um so erstaunlicher, daß ein solches verantwortungsloses Handeln auf dem Gebiete der Terminologie der fossilen Harze bis in unsere Tage zu verfolgen ist. Das führt zu den unglaublichsten Situationen, wenn Autoren ganz spekulativ, ohne Durchführung spezieller Untersuchungen die früher aufgestellten Mineralarten diskreditieren und sie unter dem allgemeinen Begriff "Bernstein" vereinigen, dabei sich aber lediglich auf die Gemeinsamkeit der pflanzlichen Herkunft und die Brennbarkeit - als wichtiges Merkmal von Kaustobiolithen - stützen. Das führt nicht nur zu einem terminologischen Wirrwarr, sondern auch zu einer Entstellung bekannter Tatsachen, wenn z.B. Parameter und Eigenschaften von Stantienit dem Bernstein (d.h. dem Succinit) zugeschrieben werden (TROFIMOV 1974).

Es ist möglich, daß eine solche Ignorierung der Regel wissenschaftlicher Terminologie deshalb stattfindet, weil einige Autoren den Bernstein nicht zu den Mineralien zählen, was mit einer ganzen Reihe von Beweisen begründet wird: Der wichtigste von ihnen wäre danach die biogene Herkunft des Bernsteins. Aber wenn man diesem genetischen Kennzeichen folgt, so müßte man auf Grund seiner biogenen Genese auch Calcit aus dem sich Muscheln und ihre Bruchstücke im Muschelkalk zusammensetzen, nicht als Mineral betrachten, genauso wie die unterschiedlichsten Minerale, die infolge der Tätigkeit von Bakterien entstanden sind. Es ist also augenscheinlich, daß die biogene Herkunft nur für sich genommen kein ausreichendes Argument ist, um den Bernstein aus der Zahl der Minerale auszuschließen.

Als nächsten größeren Unterschied des Bernsteins und ähnlicher fossiler Harze von anorganischen Mineralen sieht man das Fehlen der Stöchiometrie und Schwankungen in der Elementarzusammensetzung an. Es ist notwendig, festzustellen, daß in der 2. Hälfte des 20. Jh. schon niemand mehr (außer, wie es scheint, Prof. TROFIMOV) die genaue stöchiometrische Zusammensetzung als Hauptbedingung der Zuordnung physikalisch individualisierter Produkte geochemischer Prozesse zu den Mineralen ansieht, oder etwa bedeutende Schwankungen der Zusammensetzung und der Eigenschaften im Bereich eines Individuums als Grund für den Ausschluß des gegebenen Objektes aus dem Mineralsystem. Weit bekannt sind solche Schwankungen für anorganische Minerale im Bereich eines Kristalles (eines Kornes) wie auch die Fähigkeit einiger von ihnen, sich unter atmosphärischen Bedingungen zu verändern.

Der Wahrheit willen ist es notwendig, festzustellen, daß die Beschreibung einiger Minerale der fossilen Harze nicht genügend korrekt ausgeführt wurde, weil sie, was ich schon erwähnte, ohne vollständige Charakterisierung der untersuchten Objekte vorgenommen wurde. Außerdem ist bekannt, daß physikalische Eigenschaften, wie Dichte, Brechungsindex, Farbe, Durchsichtigkeit, Glanz, Härte, Lumineszenz, Reibungselektrizität - für die Diagnostik nicht ausreichen. Das gleiche gilt für chemische Daten wie Jodzahl, Verseifungszahl, Säurezahl und Elementarzusammensetzung.

Die Erforschung des Chemismus einiger fossiler Harze (Succinit, Gedanit, Allingit), unter Führung von Prof. TSCHIRCH, mittels Extraktion in verschiedenen Lösungsmitteln wie auch Verseifung der unlöslichen Reste, führte zur Isolierung von mehr oder weniger individualisierten chemischen Verbindungen, deren Anwendung für eine Diagnostik auf Grund einer Reihe von Ursachen unmöglich war.

Die Entwicklung von physikalischen Methoden in den letzten Jahrzehnten und ihre Anwendung zur Erforschung organischer Stoffe (besonders der Hochpolymeren) hat neue Möglichkeiten auf dem Gebiet der Erforschung und Diagnostik von Bernstein und ähnlichen fossilen Harzen als Mineralien von polymerem Aufbau eröffnet (SAVKEVIĆ 1970).

Als ausgesprochen nützlich erwies sich die IR-Spektroskopie, die es gestattet, äußerlich schwer unterscheidbare Mineralarten der fossilen Harze eindeutig zu diagnostizieren und einige Besonderheiten ihrer chemischen Struktur herauszufinden (SAVKEVIĆ, SHAKS 1964; SAVKEVIĆ, POPKOVA 1973, 1978). Von gewissem Interesse für diese Ziele ist auch die Massenspektrometrie - das Feldionisationsverfahren (EICHHOFF, MISCHER 1972), obgleich die Verfügbarkeit und die hohen Kosten der notwendigen Apparaturen ihre breite Anwendung für die Diagnostik fossiler Harze bedeutend einschränken.

Es ist notwendig, daran zu erinnern, daß längst nicht alle Funde von Bernstein, die aus der Literatur bekannt sind, auch in Wirklichkeit solche sind. Das läßt sich vor allem durch das Fehlen diagnostischer Kennzeichen begründen, welche es damals gestattet hätten, den Bernstein von bernsteinähnlichen Harzen zu unterscheiden. Deshalb ist von uns eine Revision der fossilen Harze aus einer Reihe von Fundorten der UdSSR und anderer Länder zwecks Feststellung ihrer mineralogischen Zugehörigkeit vorgenommen worden.

Die Anwendung der IR-Spektroskopie in Verbindung mit anderen modernen physikalischen und auch einer Reihe von traditionellen Untersuchungsmethoden, gestattete es festzustellen, daß die fossilen Harze der Küste des Archangelsker Bezirkes mit denen der Kreideablagerungen der Chatanga-Senke identisch sind, und - entgegen der bestehenden Meinung - keine Bernsteine (Succinit) sind (Abb.1). Diese Aussagen werden durch die Untersuchung von mehr als 5000 Proben bekräftigt.

Zum gleichen Ergebnis gelangten wir bei der Analyse der Originalstücke von A. MIDDENDORFF, die in der Mitte des 19. Jh. im Flußbett der Cheta gesammelt und von ihm als Bernstein bestimmt wurden. Ähnliches wurde als Ergebnis der Untersuchung von hunderten von Proben aus den Kreideablagerungen an den Flüssen Pjasina und Wiluj, sowie einzelner Stücke, die im mittleren Ural, auf dem Kap Taiganos (Magadaner Bezirk) und auf den Neusibirischen Inseln gefunden wurden, festgestellt.

Die Untersuchung einer großen Anzahl (ca. 1000 Stück) von fossilen Harzen aus den Kreideablagerungen des Nordosthanges des Kleinen Kaukasus zeigte, daß die untersuchten Stücke gleichfalls kein Bernstein sind. Unter ihnen sind mindestens 2 Arten von fossilen Harzen anzutreffen, die sich sowohl durch die chemische Struktur, als auch von den Eigenschaften her unterscheiden (Abb.2). Eine von ihnen, die hauptsächlich am Fundort Gortschu anzutreffen ist, ist ein Analogon des Rumänits. Die zweite gehört aller Wahrscheinlichkeit nach zur Reihe des Walchowits.

Da die fossilen Harze aus den Kreideablagerungen von Transkaukasien in der Literatur unter dem Namen Kopalit (GROSSHEIM 1939) und Kopal (EFENDIJEV 1957) bekannt sind, führten wir einen Vergleich mit echtem Kopalit, einer Vergleichsprobe, die uns freundlicherweise vom Britischen Museum zur Verfügung gestellt wurde, durch. Die Unterschiede in der chemischen Struktur, die unter anderem durch die IR-Spektroskopie festgestellt wurden (Abb.2) zeigen, daß die Verwendung der Termini "Kopal" und "Kopalit" zur Bezeichnung der fossilen Harze Transkaukasiens nicht gerechtfertigt ist.

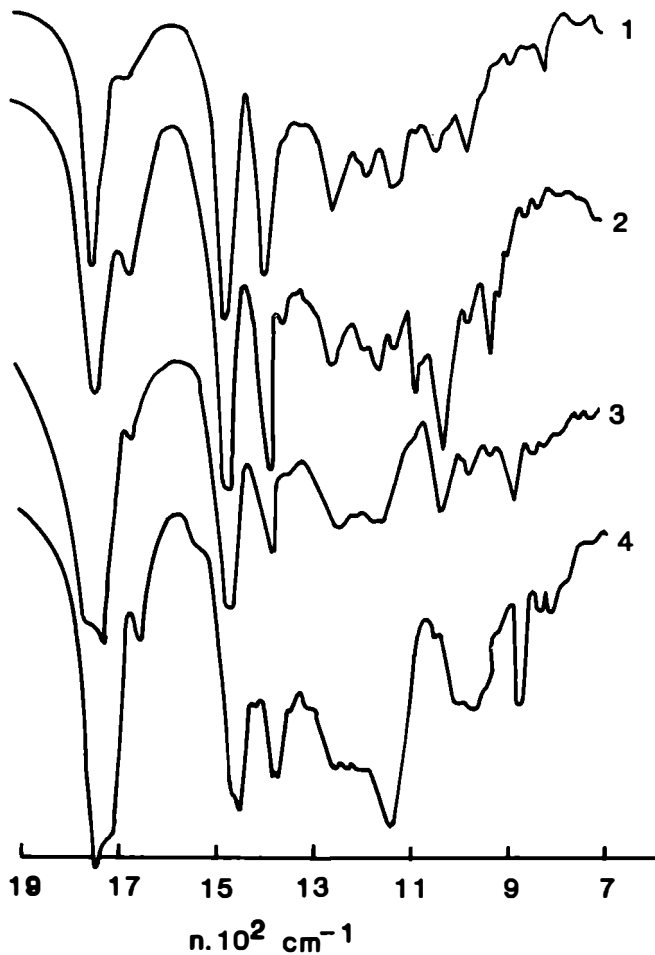


Abb. 1: IR-Spektren fossiler Harze aus verschiedenen Fundstätten

- 1 - Spektrum einer spezifischen Harzart der Kreidezeit aus der Chatanger Senke, aus dem Archangelsker Gebiet, Alaska und dem Staat Washington (USA);
- 2 - Spektrum einer spezifischen Harzart der Kreidezeit aus der Chatanger Senke und dem Archangelsker Gebiet;
- 3 - Spektrum von Gedanit; identisch mit den fossilen Harzen des mittleren Urals, Kap Taiganos, fossilen Harzen der Chatanger Senke;
- 4 - Spektrum für Bernstein (Succinit).

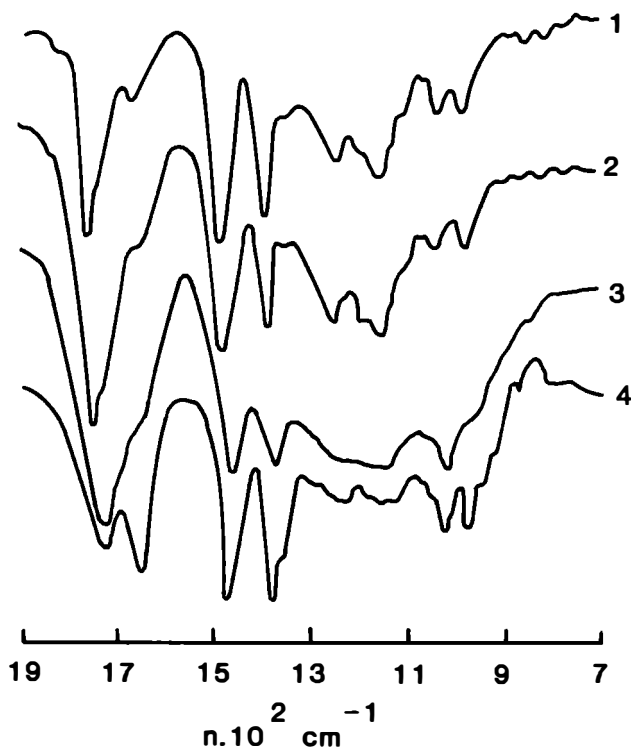


Abb. 2: IR-Spektren fossiler Harze des Kaukasus-Hinterlandes

- 1 - Lagerstätte Gortschu; 2 - Spektrum für Rumänit;
 3 - Lagerstätte Agdscha-Kend; 4 - Spektrum für Kopalit, London BM-60836.

Interessante Ergebnisse brachte auch die mineralogische Untersuchung der fossilen Harze Sachalins. Es erwies sich, daß sie hauptsächlich der Rumänit-Gruppe angehören (Abb.3).

Für das karpatische Areal wurde eine deutliche Zugehörigkeit zum Succinit lediglich in nicht gestört lagernden Schichten verzeichnet. In Faltungszonen sind hauptsächlich Rumänit und Schraufit vorhanden. Eine spezielle Analyse der fossilen Harze der Karpaten zeigte, daß die früher abgetrennte Mineralart Delatinit den IR-Spektren und anderen Eigenschaften nach ein Analogon von Rumänit ist (Abb.3).

Eine ausgesprochen große Bedeutung für die mineralogische Systematik und die topographische Mineralogie hat die von uns festgestellte Gesetzmäßigkeit, daß gewöhnlich im Bereich eines Fundortes mehrere Mineralarten fossiler Harze anzutreffen sind. Am deutlichsten illustriert dies die weltberühmte Lagerstätte Palmniken, von der neben dem Bernstein (Succinit) noch 5 andere Mineralarten

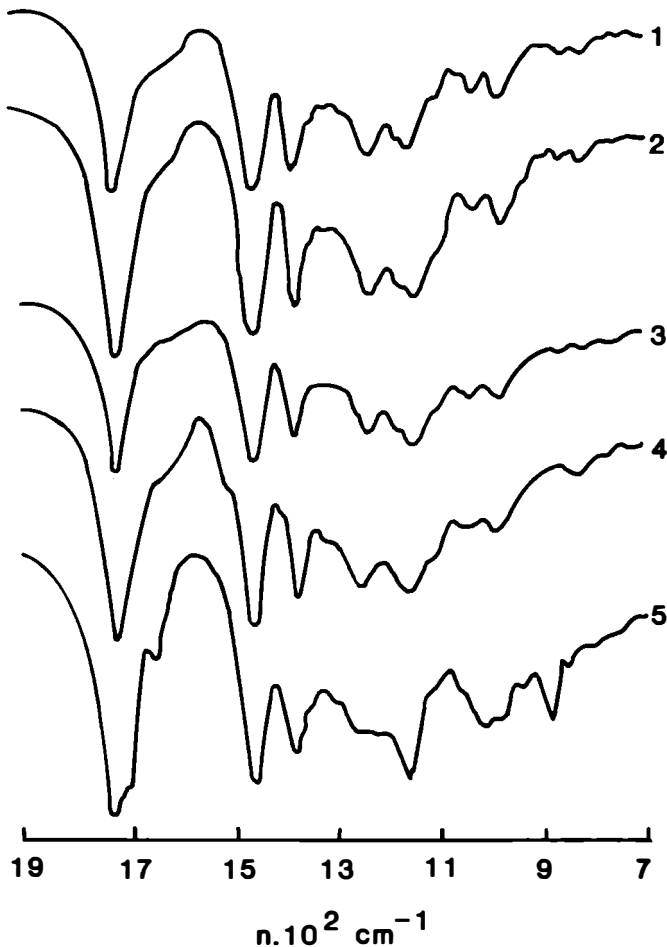


Abb. 3: IR-Spektren von Rumänit aus Rumänien (1), 2 - Delatynit;
3 - Rumänit von Sachalin; 4 - Schraufit; 5 - Succinit.

fossiler Harze bekannt sind (Abb.4). Eine ähnliche Situation läßt sich auch an den Fundorten des Arktischen Areals feststellen, obgleich die Zahl der Arten dort ein wenig kleiner ist, auf der Insel Sachalin, in einer Reihe von Fundorten der USA und anderer Länder. Es ist besonders erwähnenswert, daß die fossilen Harze Burmas, die in der Literatur als Birmat bekannt sind, unseren Ergebnissen zufolge, mindestens 2 Mineralarten darstellen, wobei eine von ihnen ein Analogon von Rumänit ist (Abb.5).

Die Bildung von unterschiedlichen Mineralarten fossiler Harze ist durch primäre - paläobotanische - und sekundäre -lithogenetische-Faktoren bedingt (SAVKEVIĆ 1970, 1973). Unter ersteren versteht man die biogene Spezifik der Exkrete der Pflanzen (unterschiedlicher Arten) und Unterschiede in den physiologischen und

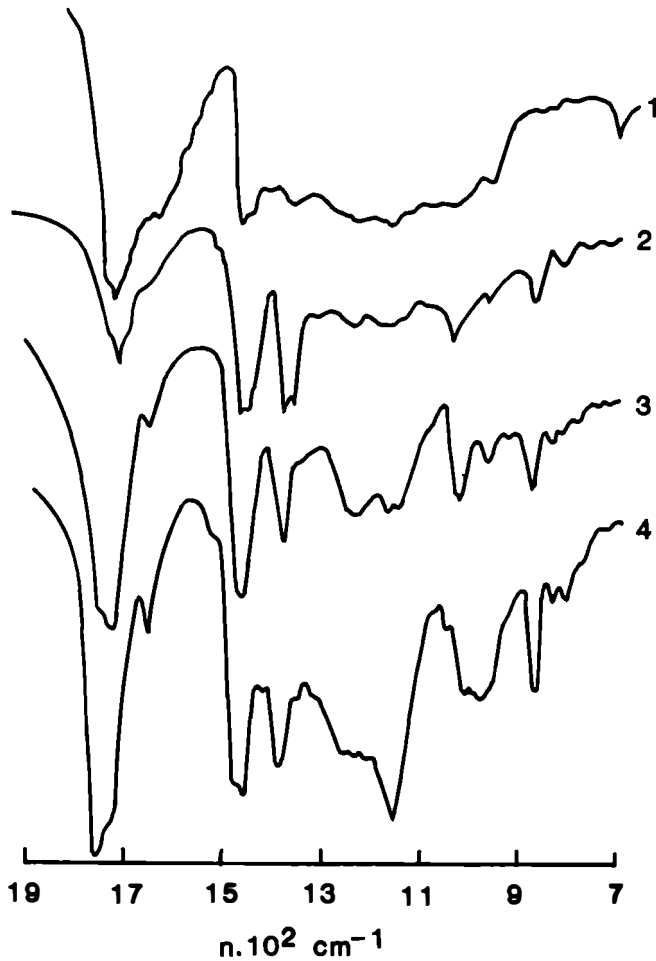


Abb. 4: IR-Spektren fossiler Harze aus der Lagerstätte Palmniken:
 1 - Stantienit; 2 - Glessit; 3 - Gedanit; 4 - Succinit.

klimatischen Bedingungen, die z.B. eine Veränderung des Verhältnisses Terpene - Harzsäuren in den Harzen zur Zeit der Abscheidung bewirken. Danach kommt es unter dem Einfluß der Sonnenwärme zu Prozessen, die merkbar den chemischen Bestand der Exkrete nivellieren: Isomerisation, welche die Vielfalt der Harzsäure reduziert, sowie Verdampfung leichtflüchtiger Verbindungen. Nebenbei beginnen die Prozesse der Polykondensation.

In Abhängigkeit von der geochemischen Situation während der ersten Etappe der Fossilisation (im Boden des "Bernsteinwaldes") sind die Harze Veränderungen ausgesetzt: von der Autoreduktion bis hin zur Autooxidation, die in unterschiedlichem Maße das Verhältnis der peripherischen funktionellen Gruppen verändern, im Falle der Autooxidation sogar bis hin zur Veränderung des polymeren Gerüsts.

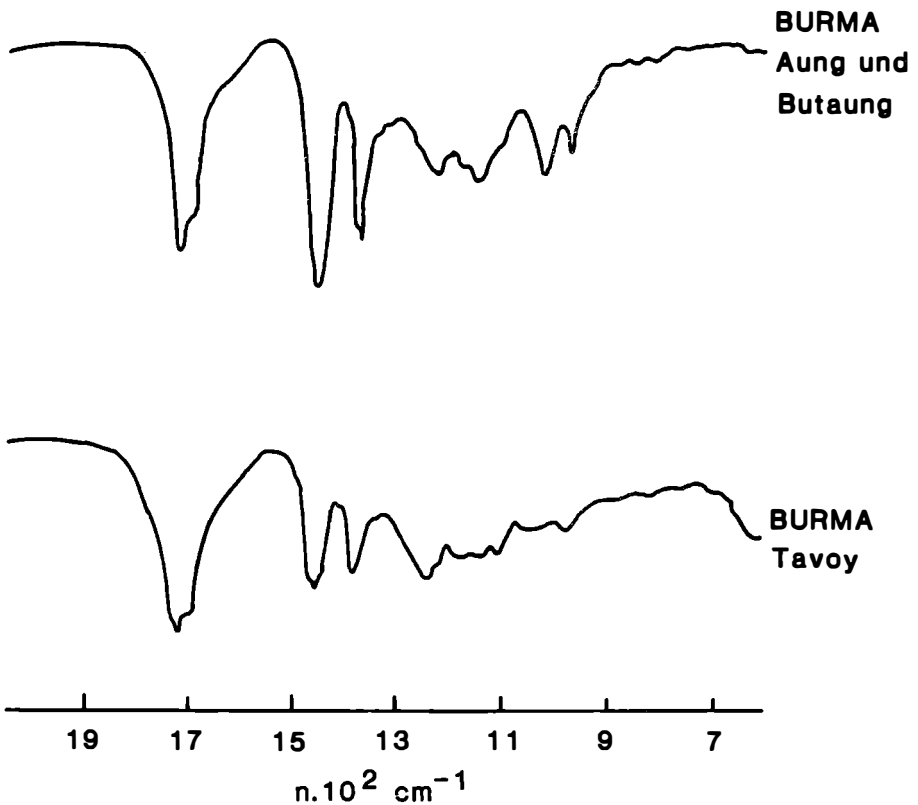


Abb. 5: IR-Spektren fossiler Harze aus Burma, Lagerstätten Aung und Butaung bzw. Tavoy.

Weitere Unterschiede, vor allem in Textur, Struktur, Molekularaufbau und einigen physikalischen Eigenschaften, hängen vor allem von der unterschiedlichen Intensität der Wirkung solcher Agenten der Katagenese, wie Temperatur und Druck ab, was wiederum durch Unterschiede in den geologischen Gegebenheiten der Fundorte der fossilen Harze bedingt ist.

Als Beweis für diese Behauptung wurde im Modellversuch im Labor die Umwandlung von Succinit in Rumänit beobachtet.

Nicht zuletzt haben hypergene Faktoren, an erster Stelle Sauerstoff, Einfluß auf Textur, Zusammensetzung und Molekularaufbau. Gerade durch eine hypergene Umwandlung des Rumänits entsteht Schraufit, wie das ein Vergleich einer authentischen Probe des letzteren mit der Oxydationszone eines Stückes Rumänit zeigte.

Einen Spezialfall der Umwandlung fossiler Harze, die zur Entstehung von spezifischen Arten führt, stellt ihre Verschwefelung in den Stadien der Diagenese und/oder Katagenese dar.

Erwähnenswert ist die Tatsache, daß infolge einer ähnlichen Abfolge der geochemischen und geologischen Prozesse bei der Fossilisation, fossile Harze aus weit voneinander entfernten Gebieten über identische Eigenschaften und chemischen Aufbau verfügen.

Die oben angeführte Verknüpfung unterschiedlicher Faktoren, die den chemischen Aufbau fossiler Harze bedingen, erlaubt es, die Stetigkeit in der Veränderung der Struktur, der Zusammensetzung und der Eigenschaften zu erklären, was am Beispiel der Reihe Succinit - Gedanit (SAVKEVIĆ 1966, 1970) sowie auch auf Grund der IR-Spektren der fossilen Harze Frankreichs (SAVKEVIĆ und POPKOVA 1978) bewiesen wurde.

Hieraus folgt, daß manche der früher aufgestellten Mineralarten der fossilen Harze Grenzfälle oder Zwischenglieder von Übergangsreihen darstellen, die man Mineralarten gleichsetzen kann, die in einigen konkreten Fällen über unterschiedliche Grenzen der Veränderlichkeit verfügen.

Danksagungen:

Dem Berg-Ing. Geologen Jörg HAMMER (BA-Freiberg) danke ich für die Hilfe bei der Übersetzung des Vortragsmanuskriptes. Ebenfalls danken möchte ich Herrn Doz.Dr. N. VAVRA und Frau L. PABST, beide Wien, die die Endredaktion des Textes durchgeführt haben.

Literatur:

- AYCKE, A.C. (1835): Fragmente zur Naturgeschichte des Bernsteins. Danzig.
- EFENDIJEV, G.Ch. (1957): Kopal - in: Geologie von Aserbajdschan. Nichterze. (In russ.) - Baku.
- EICHHOFF, H.J. und G. MISCHER (1972): Massenspektrometrische und Emissionsspektroskopische Untersuchungen an Bernstein zur Herkunftsbestimmung. - Zeitschr.f.Naturforschung 27.
- GROSSHEIM, V.A. (1939): Über den Kopalit-Fund im Nord-Aserbajdschan (in russ.) Priroda 5.
- HELM, O. (1878): Gedanit ist ein neues in Gemeinschaft mit Bernstein vorkommendes fossiles Harz. - Schr.Naturforsch.Ges. Danzig V.
- HELM, O. (1891): Über Rumänit, ein in Rumänien vorkommendes fossiles Harz. - Schr.Naturforsch.Ges. Danzig X11.
- HELM, O. (1893): Note on Birmite. - Records of the Geol.Survey of India 26.
- HELM, O. und H. CONWENTZ (1886): Sull'ambra di Sicilia. - Melpighia 1.
- JOHN, J.F. (1816): Naturgeschichte des Succins. - Köln.
- SAVKEVIĆ, S.S. (1966): Über die Bildungsbedingungen des baltischen Bernsteins (Succinits) und über den Einfluß der Fossilisation auf die Eigenschaften der fossilen Harze (in russ.) - Litol.polesn. iskop. 6.
- SAVKEVIĆ, S.S. (1970): Der Bernstein (Monographie in russ.). - Leningrad.
- SAVKEVIĆ, S.S. (1973): Der Bernstein und bernsteinähnliche fossile Harze der Ukraina (in russ.) - Referate der Vorträge bei der 1 Ukrain. litholog. Konferenz. - Kiev.

- SAVKEVIĆ, S.S. und T.N. POPKOVA (1974): New data on amber from the right-bank area of the Kheta and the Khatanga rivers. Dokl.Acad.Sci. USSR, Earth Sci. Sect. (Washington D.C.) 208.
- SAVKEVIĆ, S.S. und T.N. POPKOVA (1978): Données nouvelles dans l'étude minéralogique de résines fossiles de France. - Bull.Mineral. 101.
- SAVKEVIĆ, S.S. und I.A. SHAKS (1964): Infrared Absorption Spectra of Baltic Amber. - Journ.Appl. Chem.USSR (N.Y.). 37.
- TSCHIRCH, A. (1923): Über den Bernstein. - Helvet. chim. acta 6.
- TROFIMOV, V.S. (1974): Der Bernstein (in russ.). - Moskau.