

Bernstein und verwandte Organische Minerale aus Österreich

VON

NORBERT VÁVRA*)

VÁVRA, N., 2005. Bernstein und verwandte Organische Minerale aus Österreich. — Beitr. Paläont., 29:255–280, Wien.

Inhalt

1. Einleitung.....	x
2. Historisches.....	x
3. Fossile Harze aus Österreich “ohne Mineralnamen”.....	x
3.1. Das Trias-Harz aus Lunz (Niederösterreich).....	x
3.2. Das Harz aus der Unterkreide von Golling – Weitenau (Salzburg).....	x
3.3. Harze aus den Gosauablagerungen.....	x
3.4. Harze aus der Flyschzone.....	x
3.5. Verschiedene Einzelfunde.....	x
4. Einzelne fossile Harze „mit Mineralnamen“.....	x
4.1. Copalin.....	x
4.2. Rosthornit.....	x
4.3. Schraufit.....	x
4.4. Trinkerit.....	x
5. Organische Minerale, deren Harznatur fraglich ist....	x
5.1. Hartin.....	x
5.2. Köflachit.....	x
6. Organische Minerale, die (fallweise) irrtümlich als Harze bezeichnet wurden.....	x
6.1. Dopplerit.....	x
6.2. Hartit.....	x
6.3. Jaulingit.....	x
6.4. Ixolyt (auch: Ixolyte, Ixolithe, Ixolythe).....	x
7. Gewinnung und Verarbeitung fossiler Harze in Österreich.....	x
8. Ergebnisse, Diskussion und Schlussfolgerungen.....	x
9. Danksagung.....	x
10. Literaturverzeichnis.....	x

botanical sources, chemofossils (= “biomarkers”), revision of different organic minerals having their “type localities” in Austria – different aspects to be discussed in detail. In the following an overview concerning all these questions will be given.

Kurzfassung

Fossile Harze („Bernstein“) und verwandte organische Minerale sind zu wiederholten Malen von verschiedenen österreichischen Fundorten beschrieben worden; keiner dieser Funde erlangte je irgendeine wirtschaftliche Bedeutung. Sie sind jedoch aus verschiedenen Gründen von wissenschaftlichem Interesse: Lieferpflanzen, Chemofossilien (= „Biomarker“), Revision verschiedener organischer Minerale, die ihre „Typuslokalitäten“ in Österreich haben – unterschiedliche Aspekte, die im Einzelnen diskutiert werden sollen. Im Folgenden wird ein Überblick über alle diese Fragenkreise geboten.

1. Einleitung

Es steht wohl ausser Zweifel, dass Österreich durchaus nicht zu jenen Ländern zählt, die man mit dem Begriff „Bernstein“ in Zusammenhang bringt; hier wären neben dem Samland (Russland, ehemals Ostpreussen), Polen und Litauen ebenso zu erwähnen wie Schleswig-Holstein („Nordseebernstein“), aber auch Länder in Übersee wie vor allem die Dominikanische Republik, Mexiko, Burma und andere mehr. Trotzdem kommt den „Bernstein“-Funden aus Österreich eine gewisse Bedeutung zu. Einerseits wurden anhand von österreichischen Funden eine Reihe von Mineralnamen für fossile Harze (Copalin, Rosthornit, Jaulingit, Köflachit, Ixolyth, etc.) in die Fachliteratur eingeführt – Mineralfund, die heute nur mehr zum Teil bzw. sehr bedingt als fossile Harze anzusprechen sind -, andererseits wurden Mineralnamen für österreichische Funde fossiler Harze verwendet, die durchwegs einer Revision bedürfen (Schraufit, Trinkerit, etc.). Weitere Begründungen für die Beschäftigung mit den meist eher spärlichen Funden aus Österreich wäre die Diskussion

Abstract

Fossil Resins (“Amber”) and related organic minerals have repeatedly been described from various Austrian localities; none of these finds has ever been of any economical value. They are of scientific interest however for various reasons:

*) Ao. Univ. Prof. Dr. Norbert VÁVRA, Institut für Paläontologie, Universität Wien, Geozentrum, Althanstrasse 14, A-1090 Wien, e-mail: norbert.vavra@univie.ac.at

der paläobotanischen Zusammenhänge, d.h. der Möglichkeiten, die Erzeugerpflanzen zu ermitteln. Zwei Harzfunde aus Österreich verdienen jedenfalls aufgrund ihres Alters zusätzliches Interesse: das Triasharz aus Lunz und das Harz aus der Unterkreide von Golling (Salzburg): letzteres ist auch in Anbetracht der relativ grossen verfügbaren Menge von besonderem Interesse. Aufgrund der Tatsache, dass die einschlägigen Erstbeschreibungen sowie die modernen Arbeiten zum Thema „Bernstein aus Österreich“ in der entsprechenden Fachliteratur weit verstreut sind und viele dieser Arbeiten nur relativ schwer zugänglich sind, schien es von gewissem Interesse, eine Zusammenschau des derzeitigen Wissensstandes zu präsentieren.

Auf einen überaus heiklen Themenkreis im Zusammenhang mit den fossilen Harzen, sei hier noch kurz einleitend verwiesen: die Verwendung des Begriffes „Bernstein“ Hier haben sich bedauerlicherweise eine Reihe sehr unterschiedlicher Standpunkte in der Literatur eingebürgert, eine für alle Interessenten zufriedenstellende Lösung ist wohl nicht in Sicht. Vor allem in der Paläontologie ist es üblich, den Begriff „Bernstein“ als eine Art Oberbegriff für alle fossile Harze zu verwenden: zu betonen wäre dabei noch, dass der Begriff „Fossil“ herkömmlicherweise für Reste (und Spuren) präholozäner Organismen verwendet wird. Demgemäß wären alle fossilen (= präholozänen) Harze als „Bernstein“ zu bezeichnen. Dem steht aber entgegen, dass Bernstein zu wiederholten Malen als „Millionen Jahre altes Harz“ bezeichnet wird, ein Umstand, der diesen Begriff weiter einschränken würde. Im „Übergangsbereich“ landen dann wohl pleistozäne Harze; folgt man der Definition „fossil = präholozän“ so gerät man bei den Kopalen auf jeden Fall in beträchtliche Schwierigkeiten.

Doch damit nicht genug: „Bernstein“ wurde fallweise als eine Art Sammelbegriff für alle Harze des Baltikums verwendet, würde also Beckerit, Glessit, Gedanit, etc. einschließen, andererseits fand der Begriff „Bernstein“ sehr oft Verwendung, um nur den Succinit sensu stricto damit zu bezeichnen. Aussenstehenden mag jeder Versuch, hier Klarheit zu schaffen, als terminologische Spitzfindigkeit erscheinen. Führt man sich jedoch die Tatsache vor Augen, wie gross die Unterschiede fossiler Harze hinsichtlich ihrer Altersstellung, Lieferpflanzen und geographischen Herkunft sein können, so wird einem sehr schnell klar, wie beträchtlich die durch verallgemeinernde Bemerkungen verursachten Verwirrungen und Verwechslungen schliesslich sein können. Das aus Österreich vorliegende Material rechtfertigt es sicher nicht, hier näher auf diesen Problemkreis einzugehen; es sollte aber durch diese wenigen Hinweise auf diese Problematik verwiesen werden – Probleme, die dem dieser Materie ferner Stehenden vielleicht oft gar nicht so bewusst sind.

2. Historisches

Den frühesten Versuch, einen wissenschaftlich fundierten Überblick über die Funde fossiler Harze aus Österreich zu bieten, dürfte wohl eine Arbeit von REUSS aus dem Jahre 1851 darstellen. Unter dem Titel „Bernstein in

Oesterreich“ erwähnt er insgesamt fünf Fundorte, von denen allerdings nur zwei auf dem Gebiet des heutigen Österreich liegen; beide Fundorte liegen in Schichtfolgen der Gosau-Ablagerungen. Einerseits handelt es sich dabei um „wein- bis honiggelbe“ Harze aus „dem festen bräunlichgelben kohlenführenden Stinksteine, der im tiefen Graben bei St. Wolfgang am gleichnamigen See wechsellagert ...“ – Funde, die REUSS offensichtlich selbst gemacht hat, sowie um „vereinzelte Körner“ aus den „Gosauschichten der Eisenau“ vom Ufer des Traunsees. Ob es sich bei dem ersten dieser beiden Fundorte vielleicht um den alten Steinkohlenschurf „Franzosenklüfte“ bei St. Gilgen handelt (vgl. VÁVRA & VYČUDILIK, 1976) muß leider offen bleiben.

3. Fossile Harze aus Österreich – „ohne Mineralnamen“

3.1. Das Trias-Harz aus Lunz

Der geologisch älteste, bisher aus Österreich bekannt gewordenen Harzfund stammt aus der Trias von Lunz (Karn, Niederösterreich); bereits ZEPHAROVICH (1859) erwähnt – aufgrund der dort zitierten Literatur – „Retinit“ aus Lunz. Bis 2,5 cm große, teils honiggelbe, durchsichtige bzw. dunkelbraune und undurchsichtige Harzkörner werden dann von SIGMUND (1937) aus dem „an Blattabdrücken reichen, der oberen Trias angehörigen Schiefertone bei Lunz“ angegeben. Als Dichte gibt dieser Autor 1,109 an, als Schmelzpunkt 195-200°; das Ergebnis einer Elementaranalyse (nach HORNUNG, 1877) wird mit C: 85,55 %, H: 10,56 % und O: 3,56 % angeführt. Das Material wird als „Copalin“ bezeichnet. Etwas nähere Angaben über diese wegen ihres Alters überaus interessanten Harzfunde finden sich bei BERGER (1952): zu dieser Zeit bestanden in der Gegend von LUNZ noch zahlreiche, kleine Bergbaubetriebe. In den tonigen Begleitschichten der Flöze fand sich das bekannte reiche Pflanzenmaterial der „Lunzer Flora“; stellenweise – „besonders in dem kleinen Bergbau Pramelreith unmittelbar nördlich von Lunz, liegen nun auf den Schichtflächen des Gesteins häufig kleine, glänzende goldgelbe Körnchen“. Im Gegensatz zur Angabe bei SIGMUND sind die meisten dieser Harzkörner nur sehr klein – etwa stecknadelkopfgross –, sodaß bisher das – mittlerweile sehr selten gewordene – Fundmaterial auch nicht für weitergehende chemische Untersuchungen verwendet werden konnte. Ein kurzer Hinweis auf das Harz aus Lunz findet sich auch bei VÁVRA (1984).

3.2. Harz aus der Unterkreide von Golling-Weitenau (Salzburg)

Seit 1962 wurden aus der Unterkreide der Weitenau – etwa 10 km östlich von Golling (Salzburg) – wiederholte Funde eines auffallend dunklen fossilen Harzes gemeldet: das Material wurde als „Retinit“ bezeichnet und verdient sowohl durch seine Altersstellung als auch aufgrund der

beträchtlichen vorliegenden Menge (nach SCHLEE, 1984a: 500- 800 kg !) besonderes Interesse. Die einzelnen Informationen über diese Funde sind aber in der einschlägigen Literatur sehr verstreut und z. T. nur schwer auffindbar; es soll hier daher der Versuch gemacht werden, einen brauchbaren Überblick über den derzeitigen Wissensstand zu geben.

Eine erste Erwähnung dieses fossilen Harzes findet sich bei STRASSER (1968), eine kurze Mitteilung, die darauf verweist, dass frühe Funde in der Weitenau bereits 1962 gemacht wurden. Für das Alter der harzführenden Rossfeldschichten wird allerdings versehentlich „Jura“ angegeben. Chemische Untersuchungen fossiler Kreideharze mittels Dünnschichtchromatographie, Massenspektrometrie sowie Infrarotspektroskopie betrafen – unter anderem - auch das Material aus der Unterkreide von Salzburg (ROTLÄNDER & MISCHER, 1970; BANDEL & VÁVRA, 1981) und führten zur Annahme, dass es sich bei diesem Material vielleicht um Araukarien-Harze handeln könnte. Zu Vergleichszwecken mit fossilen Harzen aus Mähren war das Salzburger Material auch bereits von STREIBL et al. (1976) herangezogen worden: nach Anwendung der Gaschromatographie von extrahierbaren Fraktionen, von Pyrolyse, Infrarotspektroskopie und der Massenspektrometrie ist auch in dieser Arbeit von einer möglichen Herleitung von Araukarien die Rede; diese botanische Zuordnung war für die Harze aus Mähren ja schon von PACLT (1953) vorgeschlagen worden. Vergleichende chemische Untersuchungen waren dann später auch von WINKLER (z.B. 1999, WINKLER et al., 2001) mittels Ramanspektroskopie sowie von HECK (1999) mittels Pyrolyse-Gaschromatographie durchgeführt worden; ein Vorschlag zur Identifizierung der Hauptkomponenten einer löslichen Fraktion findet sich bei VÁVRA (1999). Allgemeine, zusammenfassende Darstellungen über das Harz aus Golling finden sich z.B. bei SCHLEE (1984a, 1985) und VÁVRA (1996a); Hinweise auf Inklusionen gibt es gleichfalls bei SCHLEE (1985) sowie bei WINKLER (2003); dieser Nachweis von angeblichen Mikrofossilien wird jedoch von anderer Seite bezweifelt (pers. Mitt. A. Schmidt, Berlin, s. unten !).

Vorkommen und Fundsituation:

Nach den Angaben bei SCHLEE (1984a), die auf persönliche Mitteilungen sowie eine diesbezügliche Publikation von FISCHER (1982) zurückgehen, war die eigentliche Fundstelle nur in den Jahren 1979-1982 zugänglich. Es handelte sich um einen kleinen Steinbruch zur Schottergewinnung, der sich direkt an einem Wirtschaftsweg nahe dem Gasthof „Grubach“, E Golling (25 km SSE Stadtzentrum Salzburg) befand. Bedauerlicherweise wurde eine Aufnahme des hier aufgeschlossenen Profils nicht durchgeführt. Es liegen nur eine Beschreibung durch FISCHER (s. o.) sowie wenige Photos dieses Aufschlusses vor (z.B. in WINKLER 1999:57, Fig. 5). Die Ausmaße der Fundstelle werden mit etwa nur 15 zu 25 m bei einer Höhe von 15 m angegeben; für die harzführende Schicht wird eine Mächtigkeit von 3 m angegeben, wobei betont wird, dass das fossile Harz in mehreren Lagen vorkam, die nach den Beschreibungen

offensichtlich stark tektonisch beansprucht waren. Im allgemeinen fand er sich in „kohligen Zonen“; die grössten unversehrt geborgenen Stücke wogen bis ca. kg, grössere Funde lagen nur zerbrochen vor. Bei SCHLEE (1985) findet sich sogar die Angabe „Maximum: 4,6 kg“ – sollte das wirklich das Gewicht eines so extrem grossen Stückes gewesen sein ? Insgesamt sind nach den vorliegenden Angaben 30 – 50 Stück Harz von mehr als kg Gewicht gefunden worden. Der Abbau durch verschiedene private Sammler erfolgte meist manuell, teils wurde aber auch eine Planierraupe eingesetzt.

Es gibt zahlreiche Hinweise, dass dieses überaus interessante fossile Harz auch an weiteren Stellen (wohl immer in den Rossfeldschichten) gefunden wurde: dem Verfasser liegt Material (in brauner und schwarzer Farbvarietät) vor, das er von einem privaten Sammler (F. HAUSMANN, Wien †) erhalten hat (vmtl. Funddatum 26.9.1968) und das die Fundortangabe „Putzenanger, Putzenkapelle im Lienbachtal, Moosegg, Salzburg“ aufweist. Es lagen mir aber auch schon Stücke mit der Fundortbezeichnung „Kuchl“ vor; bei einer von HECK (1999:224, Nr. 26) mittels Pyrolyse-Gaschromatographie charakterisierten „Bernsteinprobe“ mit der Fundortangabe „Grubach, Nähe Kuhl (sic!), Tirol (!)“ dürfte es sich wohl auch um Material aus Kuchl (Salzburg) handeln. Stücke, die wohl auch aus den Rossfeldschichten stammen, wurden auch bereits in Österreich im Mineralhandel zusammen mit anderen Mineralien unter der Überschrift „Mineralien aus Österreich“ oder dgl. angeboten. Die weitaus meisten Proben des „Gollinger Materials“, die von privaten Sammlern vorgelegt werden, tragen allerdings die Fundortbezeichnungen „Golling“ oder „Grubach“ Andere Angaben über Funde fossiler Harze bei STRASSER (1968: (Muntigl, St. Gilgen), Angaben, die von SCHLEE (1985) übernommen wurden, haben allerdings nichts mit den Rossfeldschichten zu tun.

Farbe:

Auf der Bruchfläche erscheint das fossile Harz aus Golling typischerweise braun oder ockerfarbig; dünne Scheiben zeigen, dass dieses Material durchaus auch klar hellgelb sein kann. Nach SCHLEE (1984a) handelt es sich bei der Farbangabe „schwarz“ nur um das Erscheinungsbild der Rohoberfläche; interessant ist in diesem Zusammenhang auch die allgemeine Diskussion von schwarzem Bernstein durch SCHLEE (1984b). Bei SCHLEE (1984a) findet sich auch eine eingehende Besprechung der verschiedenen Gelbtöne und vieler anderer Einzelheiten zum Thema „Farbe“. Auch die von G. FISCHER mitgeteilte Tatsache, dass sich auf einer Fläche von nur einem m² glasklare Stücke von kräftiger orangeroter Farbe fanden, wird erwähnt. Ein Farbbild dieser roten Harzvariante findet sich bei WINKLER (2003).

Sonstige Eigenschaften:

Der Bruch des Harzes aus Golling wird als „muschelrig“ beschrieben, für die Härte wird 2 angegeben und für die Dichte 1,12 (helle Varietät) bzw. 1,16 (dunkleres Material); das Verhalten beim Erwärmen wurde in seinen Einzel-

heiten näher untersucht und der Schmelzpunkt schließlich mit 333° angegeben (STRASSER, 1968). Der gleiche Autor erwähnt auch verschiedene Lösungsversuche und gibt an, dass die dunkelbraune Varietät im kurzwelligen ultravioletten Licht kräftig hellblau fluoresziert. Diese Fluoreszenz wird bei SCHLEE (1984a: Taf. 9) auf einer Farbtafel dokumentiert. Bemerkenswert ist auch, dass das Gollinger Material nicht besonders zerbrechlich ist und keineswegs – wie so manches andere fossile Harze – in kleine Krümel zerfällt. Ein ähnlicher Hinweis findet sich auch bei BORKENT (1997).

Anorganische Einschlüsse:

Besonders bemerkenswert ist, dass sich in dem Material aus Golling einige anorganische Minerale finden: zusätzlich zu Pyrit und Calcit liegen als Ausfüllungen von Rissen und Hohlräumen Funde von Achat und Chalcedon vor (WINKLER, 2003), SCHLEE (1984a) betont vor allem die Tatsache, dass die mineralgefüllten Risse von der Oberfläche ins Innere der Harzstücke ziehen (SCHLEE: 1984a, Taf. 6, 7) und erwartet sich von weiteren Studien dieser Mineraleinschlüsse Informationen über nähere Verhältnisse und Vorgänge in dieser Lagerstätte. Während Pyrit z.B. im Baltischen Bernstein (Succinit) durchaus zu den häufigeren Erscheinungen zählt, ist das Vorkommen von Achat bzw. Chalcedon in fossilen Harzen eine seltene Besonderheit; ein qualitativ besonders ansprechendes Stück aus dem Gollinger Material mit einem Querschnitt durch eine etwa 1 cm grossen Achatknolle wurde von SCHLEE (1990:88) abgebildet.

Inklusenfunde:

Abgesehen von gewissen Hinweisen auf Inklusenfunde aus Sammlerkreisen wurden zunächst von SCHLEE (1984a) Insektenreste aus Gollinger Material bekannt gemacht: Ceratopogonidae (Gnizenmücken): 1 Männchen
Cecidomyiidae (Gallmücken): fragmentär, typischer Fühler erkennbar
Hymenoptera (Hautflügler): möglicherweise eine parasitische Kleinwespe
BORKENT (1997:2-4, Figs. 1 A-E) beschrieb aus dem Gollinger Material ein neues Taxon der Ceratopogonidae (*Minyohelea casca* BORKENT, 1997); außerdem wurden in dieser Arbeit noch der Fund eines mäßig erhaltenen Vertreters der Porricondylinae (Cecidomyiidae, Gallmücken) sowie ein schlecht erhaltenes Zuckmückenmännchen (Chironomidae) erwähnt. Alle diese Angaben finden sich auch in der zusammenfassenden Darstellung bei WINKLER (2003); ergänzend findet sich hier auch noch die Abbildung eines im Harz gefundenen Holzfragmentes (WINKLER, 2003: Abb. 6), sowie die Erwähnung von zahlreichen Mikroeinschlüssen, für welche eine Interpretation als mögliche Pilzhypen und Sporangien vorgeschlagen wird (WINKLER 2003: Abb. 4, 5). Diese Befunde wurden jedoch angezweifelt und anhand der Bilder die Vermutung geäußert, daß es sich nur um Pseudofossilien handeln dürfte; andererseits sind aber tatsächlich – bisher nicht

publizierte – Mikrofossilien aus dem Gollinger Material bekannt (persönl. Mitt. Dr. A. Schmidt, Museum für Naturkunde, Berlin).

Benennung des Harzes:

Bei den Anrainern in der Nähe der Fundstelle wurde das Gollinger Harz als „Ölschwefel“ bezeichnet (STRASSER, 1989; WINKLER, 1999:55), SAVKEVITCH (1981) stellte es zum „Retinit“, eine Angabe, die auch von STRASSER (1989: 113) übernommen wurde. EXEL (1993) spricht im Zusammenhang mit den Funden aus Golling von „Copalinknollen“

Alter des Harzes:

Nachdem als Alter für das fossile Harz aus Golling zunächst versehentlich Jura angegeben worden war (STRASSER, 1968), wurde dies bald richtiggestellt und aufgrund der Tatsache, daß die Funde aus den Roßfeldschichten stammen, Unterkreide mit einem radiometrischen Alter von 120-130 Millionen Jahren angeführt (siehe WINKLER, 1999 und die dort zitierte Literatur). Genauer gesagt, entstammt das Material den Oberen Roßfeldschichten, die sich als Ergebnis von Sedimentfächern an einem zu einer Tiefseerinne abfallenden Hang entwickelten und ihr Material aus Canyons bezogen (FAUPL & TOLLMANN, 1979). Die Lagen mit den Harzfunden zählen sogar zu den typischen Sedimenten der Oberen Roßfeldschichten (WINKLER, 1999 und die dort zitierte Originalliteratur). Als Altersstellung wird Hauterive bis Apt angeführt, BORKENT (1997) gibt als Alter für seinen Inklusenfund Hauterive (127-130 Ma) an; nach GRADSTEIN et al. (2004) wären als radiometrische Daten für das Hauterive 136,4 - 130 Ma sowie für die Zeitspanne Hauterive – Apt 136,4 - 112 Ma anzugeben.

Chemische Charakterisierung – Pflanzlicher Ursprung:

Eine ganze Reihe von Publikationen brachte Einzelangaben über chemische Untersuchungen an dem Gollinger Harz; die Zielsetzung waren Vergleiche mit anderen (Kreide-)Harzen sowie die Ermittlung des botanischen Ursprungs. Es soll hier in aller gebotenen Kürze wenigstens versucht werden, einen Überblick über Methoden, Resultate und Probleme zu bieten. Bevor die Einzelheiten näher diskutiert werden, bietet Tabelle 1 einen vereinfachten Überblick über die verwendeten Methoden und die wichtigeren, einschlägigen Arbeiten dazu. Fast alle der in Tabelle 1 angeführten physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden brachten letzten Endes immer wieder neue methodische Möglichkeiten. Das Harzmaterial aus Golling nach Art eines „fingerprinting“ mit anderen fossilen Harzen zu vergleichen. Dabei ist bemerkenswert, dass bereits in der m. W. ersten chemischen Bearbeitung von Material aus Golling anhand von Dünnschichtchromatogrammen, Infrarotspektren und Feldionisationsmassenspektren (ROTTLÄNDER & MISCHER, 1970) im Zuge der chemischen Charakterisierung des

Methoden samt üblicher Abkürzung	Autoren	Jahr
Dünnschichtchromatographie (= TLC, DC)	ROTTLÄNDER & MISCHER	1970
	BANDEL & VÁVRA	1981
Infrarotspektroskopie (= IR)	ROTTLÄNDER & MISCHER	1970
	STREIBL et al.	1976
Feldionisationsmassenspektrometrie	ROTTLÄNDER & MISCHER	1970
Massenspektrometrie (Elektronenstoß)	BANDEL & VÁVRA	1981
Gaschromatographie/Massenspektrometrie (= GLC/MS) eines Extraktes, Vergleich einzelner „Chemofossilien“	STREIBL et al.	1976
	VÁVRA	1999
Pyrolyse	STREIBL et al.	1976
Pyrolysegaschromatographie (= PyGLC)	HECK	1999
Ramanspektroskopie	WINKLER et al. bzw. WINKLER	(2000, 2001, 2003)
Dämpfungsspektren, Torsionsmodulkurven	WELLER & WERT	1984

Tabelle 1: Physikalisch-Chemische Methoden – Analyse bzw. Charakterisierung des Harzes aus der Unterkreide von Golling (Salzburg).

fossilen Harzes aus der Unterkreide des Libanon darauf verwiesen wurde, dass das Material aus dem Libanon von allen anderen untersuchten Bernsteinen unterscheidbar ist mit der einzigen Ausnahme des Materials aus den Roßfeldschichten Österreichs. Für beide Harze wird von den genannten Autoren eine Herkunft von Araukarien vorgeschlagen. Weitere Vergleiche wurden dann – z.T. unter Einsatz anderer Methoden (s. Tab. 1) – von STREIBL et al. (1976) durchgeführt, wobei hier in erster Linie Untersuchungen fossiler Harze aus dem Cenoman Mährens beschrieben wurden: Walchowit, Neudorfit und Muchit-Harze, für die bereits PACLT (1953) einen Zusammenhang mit Araukarien vorgeschlagen hatte. Im Rahmen dieser Untersuchungen zeigten sich auffallende Ähnlichkeiten zwischen den Harzen aus dem Cenoman Mährens und den Proben aus dem Libanon und der Unterkreide Österreichs („near Salzburg“). Derlei Ergebnisse wurden auch in der Folge bestätigt (BANDEL & VÁVRA, 1981); die Untersuchung von Material aus Golling mittels Pyrolyse-Gaschromatographie (HECK, 1999) erwies einmal mehr seine deutliche Unterscheidbarkeit von anderen fossilen Harzen und führte zu seiner Kategorisierung durch Heck (loc.cit.) als „eigenständiger Bernstein“. Die Untersuchungen des Gollinger Materials mittels FT-Raman-Spektroskopie ergaben schließlich eine Möglichkeit, anhand bestimmter Bandenintensitäten auf den Polymerisationsgrad fossiler Harze und damit indirekt auch auf das relative Alter zu schließen (z.B. WINKLER, 2003). Infrarotspektren des Harzes aus Golling wurde von VÁVRA (1982: Abb.5) abgebildet. Die Untersuchungen von WELLER & WERT (1984) brachten dann nicht nur weitere Unterscheidungsmöglichkeiten für fossile Harze (Dämpfungsspektren, Torsionsmodulkurven, etc.) sondern vor allem auch Informationen über den Anteil an linearen, mehr oder weniger verknäuelten Moleküleinheiten und schließlich auch Informationen für den amorphen Anteil in fossilen Harzen. Für das Material aus Golling ergab sich im Verlaufe dieser Studien der höchste Vernetzungsgrad aller von diesen Autoren

untersuchten Proben. In der Arbeit von VÁVRA (1999) wurde schließlich der Versuch unternommen, wenigstens für die vier Hauptbestandteile der löslichen Fraktion (vgl. Abb. 1) des Gollinger Materials Strukturformeln (Abb. 2) vorzuschlagen; solche Strukturzuweisungen aufgrund von Massenspektren alleine haben allerdings – ganz besonders für Harzbestandteile – immer etwas Spekulatives an sich. Außer diesen vier Substanzen findet sich allerdings noch eine Vielzahl weiterer, niedermolekularer Inhaltsstoffe, die noch der Identifizierung harren.

Drei der Hauptbestandteile in einer löslichen Fraktion des Gollinger Materials lieferten qualitativ hervorragende Massenspektren, die unter anderem einen auffallenden Peak mit der Massenzahl 173 aufwiesen (Molekülmassen: 188, 244 bzw. 258), nicht nur der relativ typische Peak, sondern vor allem auch der Vergleich mit einem authentischen Massenspektrum eines Pentamethyl-2,3-dihydroindens scheinen zu bekräftigen, dass bei diesen drei Substanzen tatsächlich ein Dihydroinden-Ringsystem vorliegt (Abb. 2: 2,3,4). Eine vierte Substanz (Molekülmasse 294) zeigt jedoch ein auffallend abweichendes Massenspektrum (Abb. 1, unten); hier kann von keiner eigentlichen Identifizierung mehr gesprochen werden, es wurde jedoch ein Vorschlag für eine mögliche Strukturformel zur Diskussion gestellt (VÁVRA, 1999 bzw. Abb. 2: 5). Ein Diagramm Retentionszeit gegen Molekülmasse scheint jedenfalls zu bekräftigen, dass alle vier Hauptbestandteile sehr ähnliche Strukturen enthalten. Als Vorschlag für eine mögliche Bildungsweise dieser vier Inhaltsstoffe, wurde eine Herleitung als Abbauprodukte eines pflanzlichen Steroids (β -Sitosterol, Abb. 2: 1) vorgeschlagen. Diese Substanz ist im baltischen Succinit identifiziert worden (SZYKUŁA et al., 1990), ein diagenetischer Abbau, der zu den für das Salzburger Harz damit angenommenen Inhaltsstoffen führen könnte, hat jedoch nur eine relativ geringe Wahrscheinlichkeit. Es sind zwar eine ganze Reihe von Reaktionen (inklusive Aromatisierungen) bekannt, denen Steroide während der Diagenese unterliegen, Verlust des

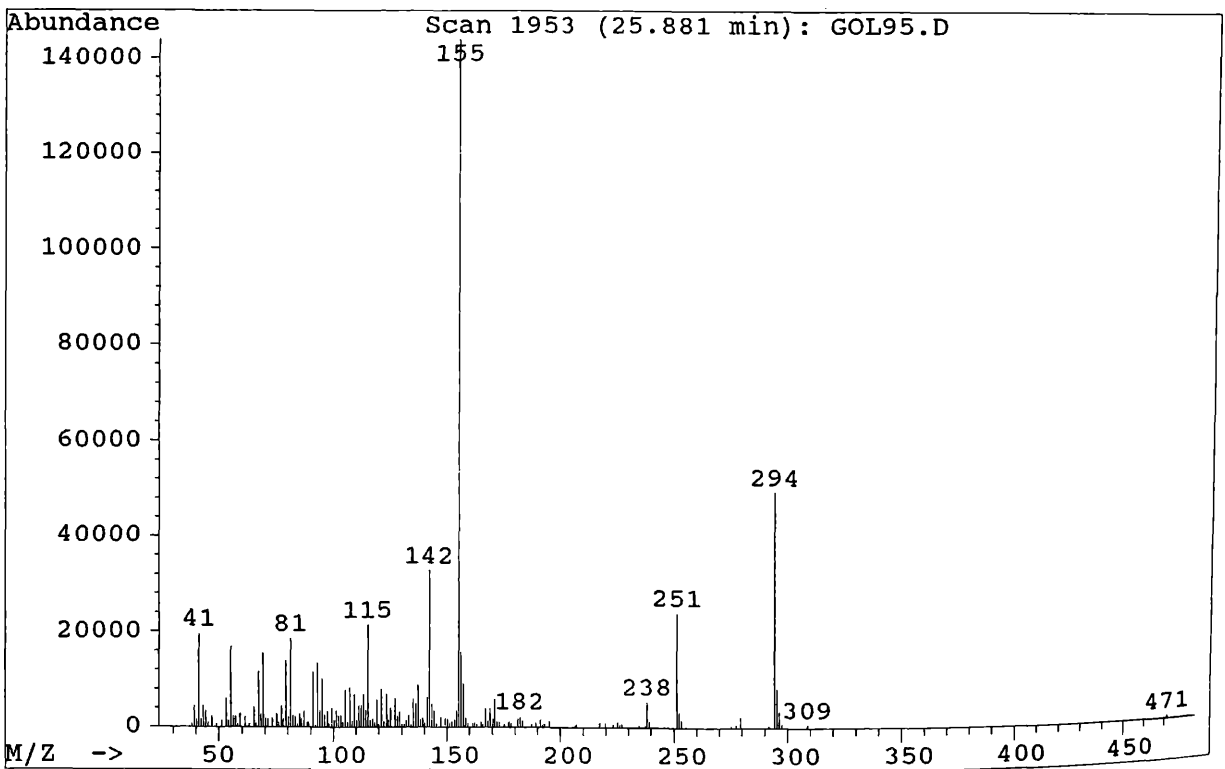
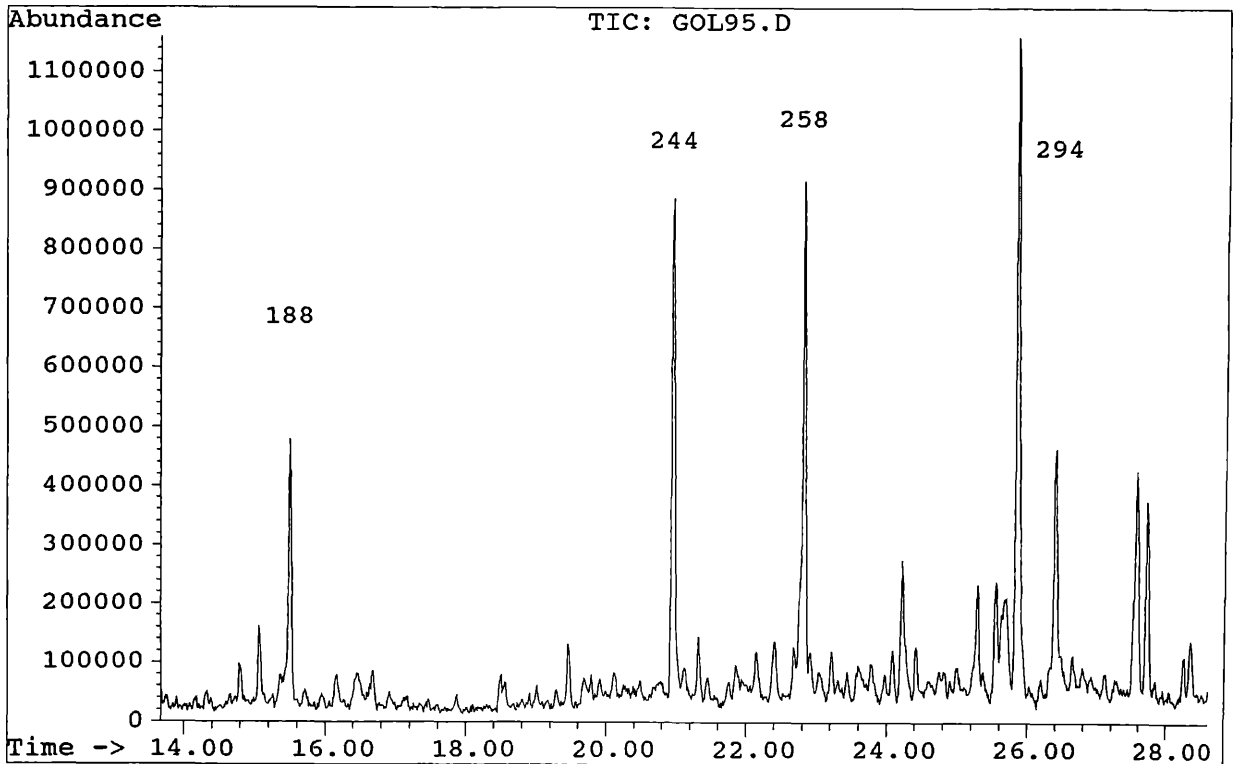


Abbildung 1: Gaschromatogramm (genauer: Gesamtionenchromatogramm) einer löslichen Fraktion (in Ethanol) des fossilen Harzes aus der Gegend von Golling (Roßfeldschichten, Unterkreide). Abszisse: Retentionszeit, Ordinate: Ionenhäufigkeit. Material: ex coll. L. ZIMA, Salzburg, don. UP. Dr. R. ZETTER (Inst. f. Paläontologie, Universität Wien). Experimentelles: HEWLETT-PACKARD, GC 5890. Serie II, Säule – HP-1, 12 m x 0,2 mm x 0,33 µm, Trägergas: Helium, Einspritzblock: 250° C, Anfangstemperatur: 60° C (bzw. 100°) – 6 Min., Temp.Anstieg: 6°/Min., Endtemperatur: 250° Die Peaks der vier Hauptbestandteile sind durch Angabe der jeweiligen Molekülmassen (ermittelt aus den Massenspektren) markiert.

Unterhalb: Massenspektrum des Peaks bei 25,881 Min. Retentionszeit. Abszisse: Massenzahl, Ordinate: Ionenhäufigkeit. Experimentelles: HEWLETT-PACKARD, MSD der Type 5971 A, Massenbereich: 35 – 520 Dalton. Aufgrund der Auswertung dieses Massenspektrums wird für diese Substanz die in Abb. 2, 5 dargestellte Strukturformel vorgeschlagen.

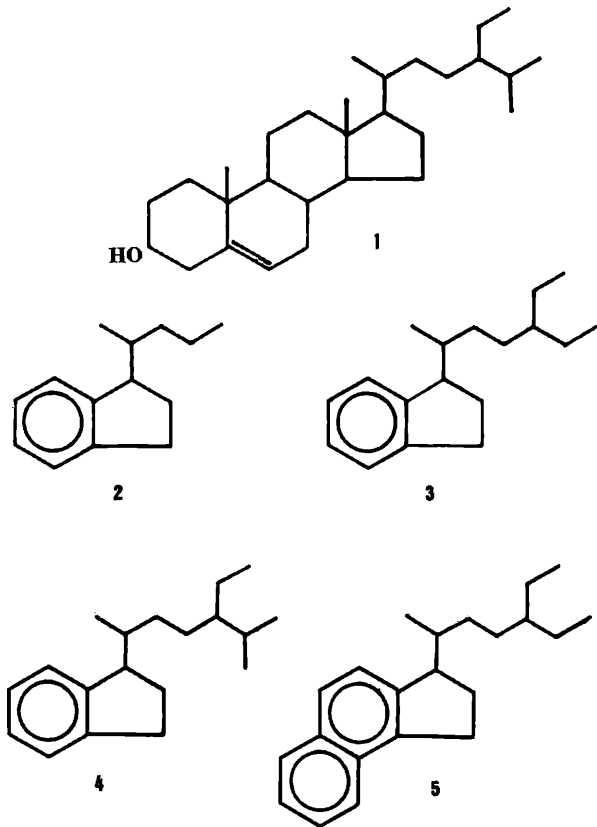


Abbildung 2: Vorschläge von Strukturformeln für die vier Hauptbestandteile einer löslichen Fraktion (Ethanol) des fossilen Harzes aus der Unterkreide von Golling (Salzburg, s. auch Erläuterungen zu Abb. 1). Die vier Substanzen werden als Abbauprodukte von β -Sitosterol (1) interpretiert: 2: Molekülmasse 188 (7 %), 3: 244 (13 %), 4: 258 (16 %), 5: 294 (20 %). Die in Klammern angegebenen Prozente sind Flächenprozente ohne jede Eichung bzw. Korrektur.

A- und B-Ringes scheinen bis jetzt kaum bekannt zu sein, obwohl diese Möglichkeit von KILLOPS & KILLOPS (1993) diskutiert wurde. Bezüglich einiger weiterer Einzelheiten siehe VÁVRA (1999) bzw. die dort zitierte Literatur.

3.3. Harze aus den Gosauablagerungen

Bereits in der ältesten Publikation, die sich mit dem Thema „Bernstein in Oesterreich“ befasst (REUSS, 1851), werden Vorkommen in den Gosauablagerungen erwähnt: vereinzelt Körner in den Gosauschichten der Eisenau am westlichen (?) Ufer des Traunsees. Offensichtlich bezieht sich auch die Angabe, dass „in dem festen bräunlichgelben kohlenführenden Stinksteine, der im tiefen Graben bei St. Wolfgang am gleichnamigen See...“ ein Harz von wein- bis honiggelber Farbe „in kleinen Partien eingewachsen“ vorkommt, auf Funde aus den Gosauablagerungen. Auch die Angabe über ein Vorkommen von „Retinit“ in „Rattenberg im Brandenberger-Thal“ (Tirol) bei ZEPHAROVICH (1859) dürfte sich wohl auf ein Vorkommen in den dortigen Gosauablagerungen beziehen: kleine, rundliche Partien, grünlich, rot und braun, zuweilen mit einer grauen Rinde bedeckt, eingesprengt in „Stinkstein und Sandstein“

werden mit dem Vermerk „selten“ von hier angeführt. Ausdrücklich auf ein Vorkommen in den Gosauablagerungen (Mühlgraben bei Brandenberg, Tirol) bezieht sich eine Angabe über ein Vorkommen von „Succinit“ in Form „honiggelber Tröpfchen“ durch den gleichen Autor (ZEPHAROVICH, 1859:440).

Seit diesen ersten Angaben über Harzfunde aus den Gosauschichten ist ziemlich viel an neuen Informationen dazugekommen; allerdings handelt es sich fast immer um kleinste Mengen, sodaß bisher kaum genügend Material für umfangreichere chemische Untersuchungen zur Verfügung steht. Bei den meisten Einzelfunden von Gosauharzen fehlen leider auch genauere stratigraphische Angaben, sodaß man meist nur allgemein von „Oberkreide“ sprechen kann. Eine thematische Querverbindung ergibt sich vor allem zum Thema „Trinkerit“ (s. dort), da dieses Harzmineral wiederholt aus den Gosauablagerungen in der einschlägigen Literatur erwähnt wird.

„Trinkerit“ aus den Gosauablagerungen:

Wie unter „Trinkerit“ näher ausgeführt liegt die Typuslokalität des eigentlichen Trinkerit bei Carpano (jetzt: Krapan, Istarska Zupanija) nahe Albona (jetzt: Labin, Istrien, Kroatien; TSCHERMAK, 1870). Von NIEDZWIEDZKI (1871) wurde dieses Mineral dann aus der Gams bei Hieflau (Steiermark) angegeben; er erwähnt auch, dass derlei Harze in den „der Gosauformation zugehörigen Schiefer- und Kohlen-Ablagerungen zu Gams und Wildalpen in Ober-Steiermark ziemlich häufig vorkommen sollen“ Die für seine Bearbeitung vorliegenden Stücke stammten aus Gams und zwar aus einem Schurfstollen am Bösenberg. Diese Angaben werden dann von HATLE (1885) übernommen, eine entsprechende Erwähnung findet sich dann auch bei DANA (1892:1010) – „also found at Gams near Hieflau in Styria“, sowie bei HINTZE (1933). Chemische Untersuchungen einer löslichen Fraktion des Trinkerits vom Bösenberg mit authentischem Trinkerit-Material aus Istrien ergaben jedoch ernste Zweifel an einer Identität der beiden Proben (VÁVRA, 1992, 1993). Die Bezeichnung „Trinkerit“ für das fossile Harz aus den Gosauablagerungen aus Gams findet sich mittlerweile – unter Beifügung eines Farbbildes eines wirklich eindrucksvollen Handstücks – auch im Heimatbuch der Gemeinde Gams (STEINHAUSER, 1998).

Weitere Funde fossiler Harze aus Gosauablagerungen:

Eine genaue Durchsicht der einschlägigen Publikationen wird im Laufe der Zeit sicher noch eine ganze Reihe von Angaben über derlei Harzfunde ergeben. Einige Beispiele seien im folgenden angeführt.

Von einem alten Kohlenschurf („Franzosenklüfte“ – vielleicht im Bereich der Steinklüfte gelegen?) nahe St. Gilgen (Salzburg) befinden sich einige Harzproben in der Sammlung des Institutes für Paläontologie der Universität Wien. Chemische Untersuchungen dieser Probe (VÁVRA & VYUDILIK, 1976), ergaben anhand der Infrarotspektren

einerseits eine deutliche Unterscheidbarkeit vom Succinit, andererseits aber eine auffallende Übereinstimmung mit dem Copalin aus Gablitz. Auch mittels Dünnschichtchromatographie der Thermolyseprodukte wurden von diesen beiden Autoren versucht, dieses Harzmaterial näher zu charakterisieren, bzw. mit anderen Proben zu vergleichen. St. Gilgen (Salzburg) wird übrigens auch bei EXEL (1993) als Fundort eines „bernsteinähnlichen Harzes“ erwähnt. Ein weiterer Harzfund stammt aus Schönmoos, Weißenbach (südlich vom Hochtausing, Ennstal, Steiermark) und damit von einem Fundort im Bereich zwischen Wörschach und Liezen, also aus der sog. „Gosau von Wörschach“. Die Probe entstammt wahrscheinlich einem Lesestein und nicht aus dem Anstehenden. Das Material wurde von Herrn Ernst HAAR in dankenswerter Weise der Sammlung des Institutes für Paläontologie (Universität Wien) überlassen. Das Material wurde von GRÖBNER (1998) für ihre vergleichenden Untersuchungen verwendet; aufgrund der Untersuchung einer löslichen Fraktion mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie sowie mittels Pyrolyse-Gaschromatographie konnte zwar eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Copalin aus Gablitz sowie dem Schraufit aus Purkersdorf festgestellt werden, Aussagen über mögliche Erzeugerpflanzen konnten allerdings leider nicht erhalten werden. Ein Pyrolyse-Gaschromatogramm wurden von HECK (1999:223) abgebildet; auch von diesem Autor wird auf eine Ähnlichkeit mit dem Copalin aus Gablitz verwiesen.

Eine Reihe anderer Proben fossiler Harze aus Gosauablagerungen mit den Fundortangaben „Großreifling“ bzw. „Tunnel Losenstein“ (Spende von Herrn AICHINGER, Ternberg) belegt die weite Verbreitung vereinzelter Harzfunde im Bereich der Gosauvorkommen. Ein weiterer möglicher Harzrest (noch nicht untersucht) mit der Fundortangabe „Stiedelsbachgraben“ (Bereich Losenstein, Spende Dr. F. RÖGL, Straßhof) liegt vor. Einzelne Kleinfunde aus Abtenau-Rußbach (Außerflarn-Brücke) sowie – zu Vergleichszwecken – ein Fund aus dem Lattengebirge (Moosenalm, Bayern) wurden in derlei Untersuchungen miteinbezogen (Material von Prof. R. HÖFLING, Universität Erlangen).

In Anbetracht der geringen vorliegenden Probenmengen wurden bisher überwiegend nur Infrarotspektren dieser Proben aufgenommen (Abb. 3, 4). Sie zeigten einerseits eine bemerkenswerte Identität der Proben aus St. Gilgen (Franzosenklüfte) mit dem Material aus dem Lattengebirge (Abb. 4), andererseits aber doch auch unverkennbare, kleinere Unterschiede der Spektren (Abb. 3) der Proben aus Losenstein und von Abtenau. Schlußfolgerungen bezüglich einer etwaigen botanischen Herkunft sind derzeit leider noch nicht möglich.

3.4. Harze aus der Flyschzone

Solange es nicht möglich ist, die entsprechenden Funde mit einiger Sicherheit einer bestimmten Mineralspezies zuzuweisen oder Hinweise auf Erzeugerpflanzen zu erarbeiten, scheint es ganz nützlich – analog zu dem oben ver-

wendeten Begriff „Gosauharze“ als einen entsprechenden „Arbeitsbegriff“ auch von „Flyschharzen“ zu sprechen. Dies soll aber weder eine Einheitlichkeit des Materials hinsichtlich seiner chemischen Beschaffenheit noch bezüglich einer möglichen botanischen Herkunft anzeigen. An Mineralnamen wurden für fossile Harze aus Österreich bisher die Begriffe „Copalin“ und „Schraufit“ verwendet. STARKL (1883) führte die Bezeichnung Copalin für ein Harz aus der Oberkreide von Hütteldorf (SO-Abhang des Satzberges) ein; dieser Name wurde von anderen Autoren übernommen (z.B. TSCHIRCH & STOCK, 1936:1195-1196) und schließlich auch für das fossile Harze aus dem Eozän von Gablitz verwendet (SIGMUND, 1937). Als Schraufit bezeichnet bereits SCHRÖCKINGER (1873) nicht nur Material aus dem Typusgebiet (Wamma, Bukowina), sondern auch einen Fund aus einem Steinbruch zwischen Höflein und Kritzendorf – und damit aus der Flyschzone Niederösterreichs.

GÖTZINGER (1949-1951) listet in einer zusammenfassenden Darstellung eine ganze Reihe Fundorte fossiler Harze aus dem Gebiet des Wienerwaldes auf:

- (1) Steinbruch Hollitzer, Greifenstein (Greifensteiner Sandstein, Eozän)
- (2) Steinbruch S Liechtenstein
- (3) S Altlenzbach (O-Kreide, Altlenzbacher Schichten)
- (4) Steinbruch N Pallerstein (W Gablitz; Greifensteiner Sandstein, Eozän)
- (5) Steinbruch N Hütteldorf i. Rosental, rechte Talseite (O-Kreide)

Die Fundortangabe „zwischen Höflein und Kritzendorf“ findet sich – wie bereits erwähnt – bei SCHRÖCKINGER (1873) sowie bei TSCHIRCH & STOCK (1936); BACHMAYER (1962) fügt noch Purkersdorf hinzu, VÁVRA & VYČUDILIK (1976) erwähnen dann noch Material aus einem Steinbruch zwischen Greifenstein und Höflein (Greifensteiner Sandstein).

Trotz verschiedener Versuche, die fossilen Harze der Flyschzone Österreichs chemisch entsprechend zu charakterisieren und verschiedene Vergleiche anzustellen, muß der Kenntnisstand leider immer noch als unzureichend bezeichnet werden. Dies hängt auch damit zusammen, daß von einigen Fundorten überhaupt kein Material, von anderen oft nur sehr wenig Substanz vorliegt, sodass jeder Versuch einer Analyse verantwortungsvolles Überlegen nach Art einer Kosten-Nutzen-Rechnung notwendig macht. Es wäre unverantwortlich, die ohnehin sehr begrenzten Probenmengen zu opfern, um vielleicht dann doch nur zusätzliche, unsichere Vergleiche anzustellen.

Versucht man aufgrund der bisherigen, eher nur punktuellen Studien, zu generalisieren, so läßt sich folgendes feststellen: aufgrund der Infrarotspektren konnte eine chemische Ähnlichkeit zwischen dem Copalin aus Gablitz und dem Material aus Höflein festgestellt werden (VÁVRA & VYČUDILIK, 1976). Andererseits wurde aufgrund eines Vergleiches löslicher Fraktionen mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie die Identität des Copalins aus Gablitz mit dem Schraufit aus Purkersdorf konstatiert (GRÖBNER, 1998). In beiden Fällen konnte darüber hinaus

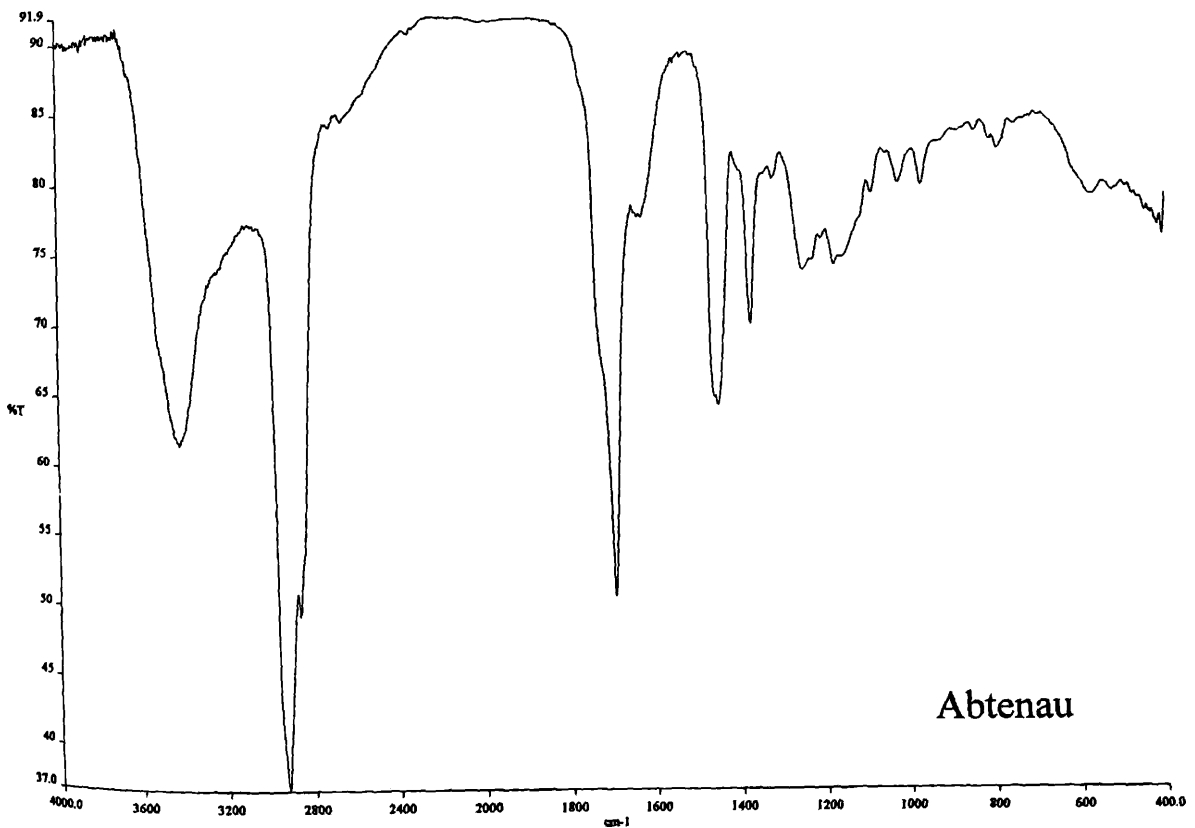
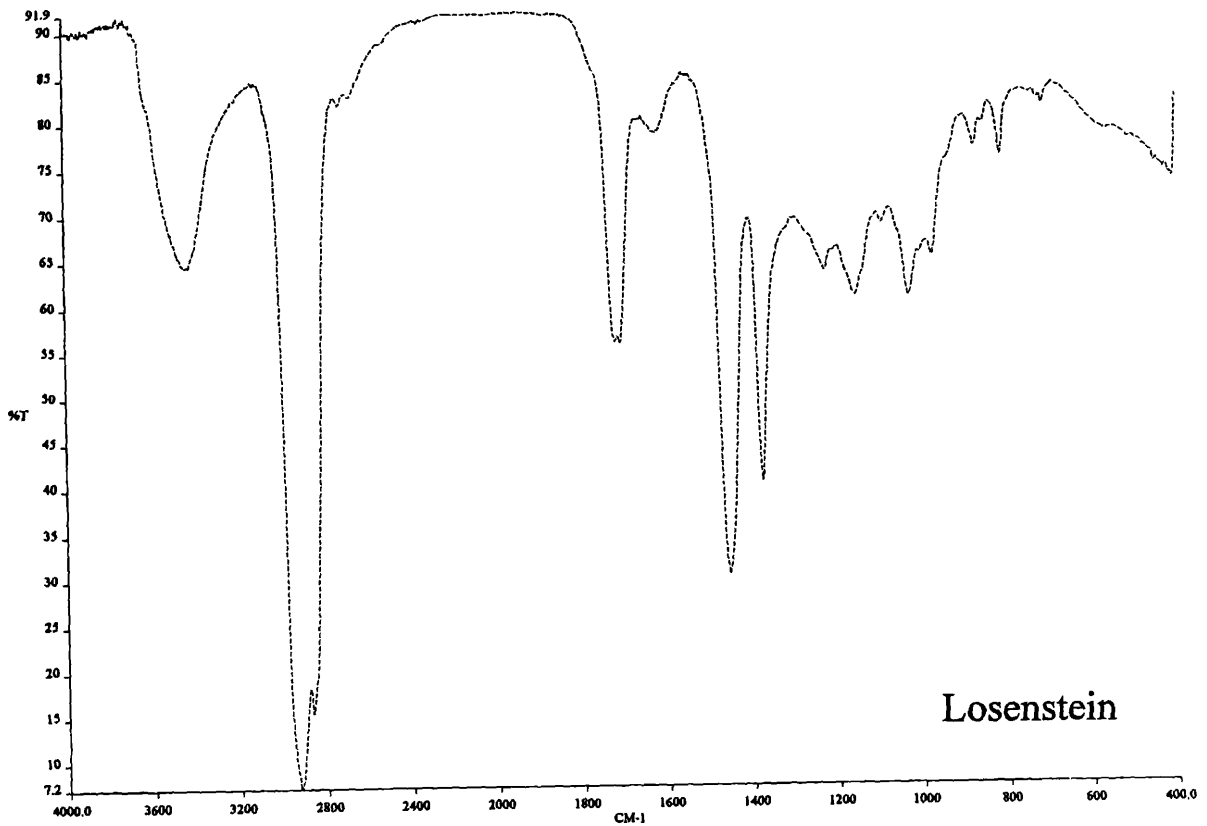


Abbildung 3: Infrarotspektren von fossilen Harzen aus den Gosauablagerungen. Oben: Losenstein (Material: A. Aichinger, Temberg), Unten: Abtenau-Rußbach, Außerflarn Brücke (Material: Prof. R. Höfling, Univ. Erlangen). Die beiden Spektren bieten dzt. keinerlei Anhaltspunkte für eine botanische Zuordnung der beiden Proben, werden aber wohl für künftige Vergleiche von fossilen Harzen aus den Gosauablagerungen von Bedeutung sein.

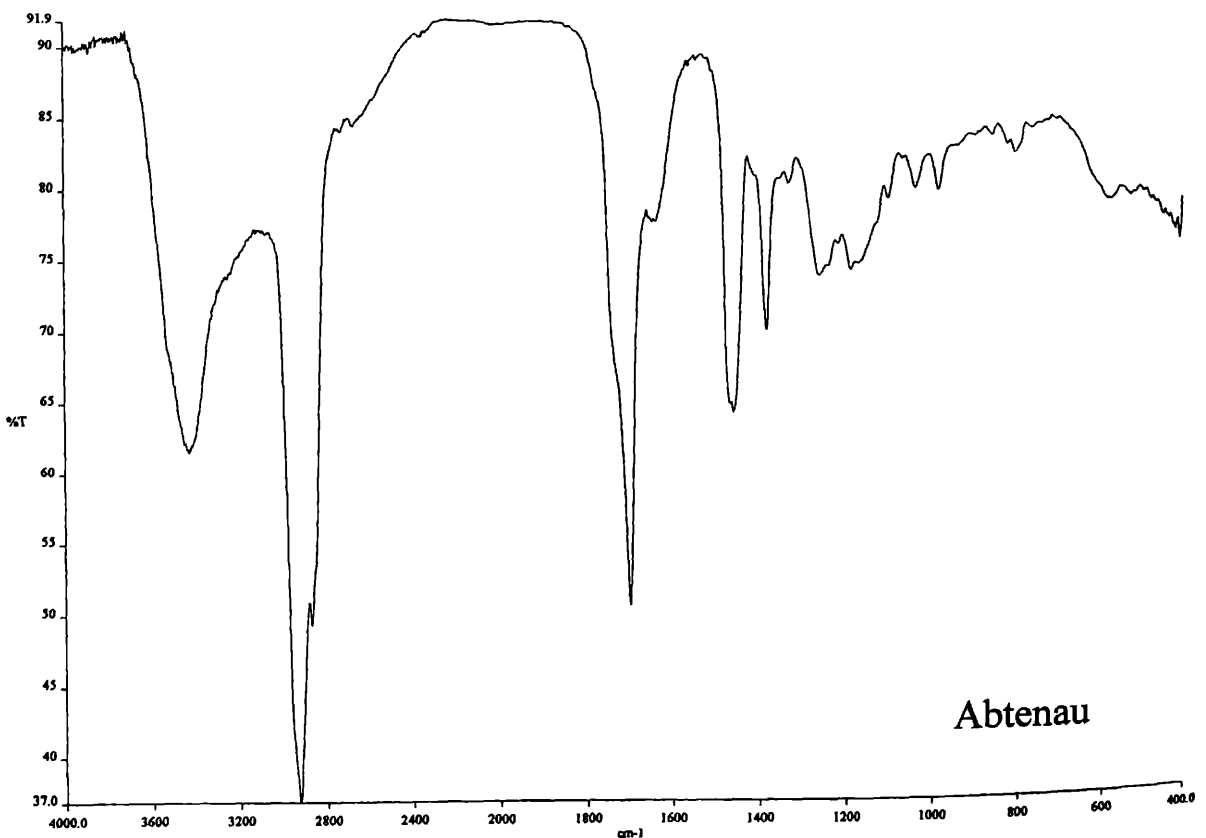
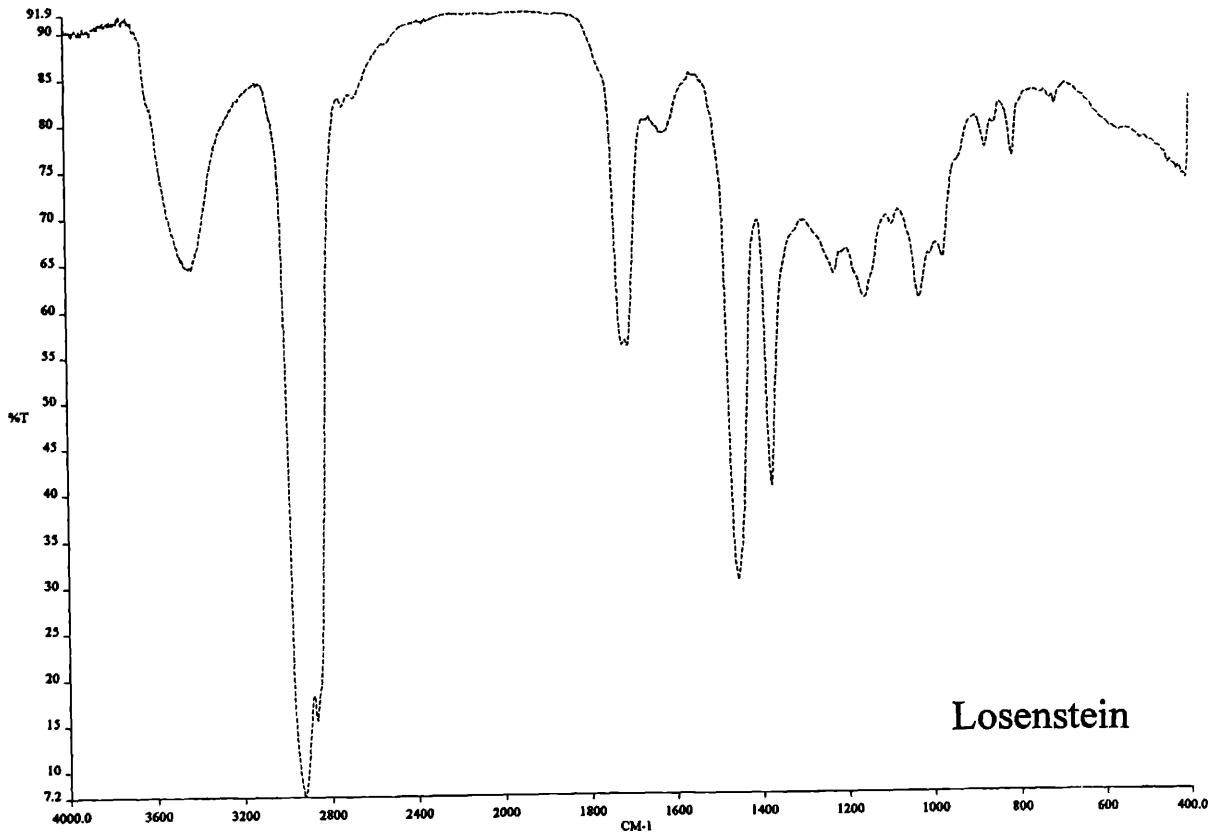


Abbildung 4: Infrarotspektren von fossilen Harzen aus den Gosauablagerungen. Oben: Vergleichsmaterial aus Bayern - Lattengebirge, Moosenalm, (Material: Prof. R. Höfling, Univ. Erlangen), Unten: Alter Bergbau, Französenklüfte bei St. Gilgen (Material: Inst. F. Paläontologie, Wien). Die beiden Spektren bieten dzt. keinerlei Anhaltspunkte für eine botanische Zuordnung, die auffallende Übereinstimmung dieser Aufnahmen ist jedoch bemerkenswert.

noch eine Ähnlichkeit mit jeweils einem der „Gosauharze“ festgestellt werden. Daraus kann man einerseits auf ein ähnliches Stadium der – wohl sehr weit fortgeschrittenen – Diagenese des Harzmaterials schließen (GRÖBNER, 1998), andererseits – vielleicht – auch einen ähnlichen pflanzlichen Ursprung (Coniferen) vermuten (VÁVRA & VYČUDILIK, 1976). Als zusätzliche Methode wurde in jüngster Zeit auch die Ramanspektroskopie für die Charakterisierung eines Flyschharzes (Höflein) eingesetzt (WINKLER et al., 1998: Abb. 1).

3.5. Verschiedene Einzelfunde

Anthering (N Salzburg):

Unter „Retinit“ werden bei STRASSER (1989) bis 1 cm große Funde eines „bernsteinähnlichen Harzes“ aus einem kleinen Steinbruch („Sandstein“) in Anthering erwähnt; nähere Angaben fehlen leider.

Alter: ?

Gaming (Niederösterreich):

„Succinit“ wird von ZEPHAROVICH (1893) unter anderem auch mit der Fundortangabe „S. von Gaming (Nied.-Oesterreich)“ angegeben; bei trockener Destillation lieferte er keine Bernsteinsäure.

Alter: ?

Göriach bei Turnau (Steiermark):

Aus dem einstigen Kohlebergbau von Göriach bei Turnau wurde von PAULITSCH (1951) ein klares, durchsichtiges, weingelbes Harz beschrieben, dessen Dichte er mit 1,09 und die Härte mit 2,5 angibt. Als Strichfarbe wird blassgelb und als Bruch „muschelrig“ genannt. Neben detaillierten Angaben zu den Veränderungen bei der Schmelzpunktbestimmung wird auch eine Elementaranalyse angegeben. Das Harz wird von PAULITSCH als zur „Retinitgruppe“ gehörig bezeichnet. Vom gleichen Fundpunkt war von SIGMUND (1918) schon ein organisches Mineral beschrieben worden, das dann als Jaulingit bezeichnet wurde. Ausführliche Informationen zum Kohlevorkommen von Göriach (Turnau – Aflenz) finden sich bei WEBER & WEISS (1983).

Alter: Miozän (Badenium, vgl. STEININGER et al., 1988/89)

Literatur: SIGMUND (1918), PAULITSCH (1951)

Guttaring bei Althofen (Kärnten):

Unter der Bezeichnung „Bernstein aus Österreich, Kärnten, Guttaring bei Althofen“ findet sich bei HECK (1999) die Abbildung eines Pyrolyse-Gaschromatogramms eines fossilen Harzes aus den Sammlungen des Naturhistorischen Museums, Wien; aufgrund der Analyse wird dieses Harz vom Verfasser als „eigenständiger Bernstein“ angesprochen. Ob es sich bei dieser Probe um einen Rosthornit handelt oder um irgendeinen „Retinit“ bleibt leider unklar.

Alter: Eozän (?)

Literatur: HECK (1999)

Hausruck (Oberösterreich):

Aus Lignitvorkommen „am Hausruck“ wird bei ZEPHAROVICH (1893) „Succinit“ als „in knolligen Partien“ zusammen mit anderen Harzen vorkommend erwähnt.

Herzogsbirbaum bei Laa a.d. Thaya:

In einem Glaukonitsandstein, der in der Bohrung „Herzogsbirbaum 1“ der ÖMV in 1866 - 1873 m Tiefe angetroffen und aufgrund von Mikrofauna und Nanoplankton in das Eggenburgium eingestuft wurde, fanden sich einige kleine Harzstückchen von hellgelber bis schwach rötlichbraun-gelber Farbe. Es liegen auch einige Angaben zum Chemismus dieses fossilen Harzes vor: bemerkenswert ist vor allem der Hinweis, dass es zu 95 % in Azeton löslich ist; der Gehalt an Bernsteinsäure wird mit 5 - 6 % angegeben. Aufgrund eines Vergleiches von Infrarotspektren wird das Material schliesslich als „sehr bernsteinähnliches Harz“ bezeichnet – unter „Bemerkungen“ ist schliesslich sogar ausdrücklich von „echtem Bernstein“ die Rede. Dies scheint jedoch vor allem in Anbetracht der ungewöhnlich guten Löslichkeit in Azeton zumindest etwas übereilt.

Bemerkenswert ist dieser Harzfund vor allem durch die Entdeckung einer kleinen Fliege, die in einem der Harzkörnchen angetroffen wurde: eine eingehende Untersuchung dieser Inkluse durch HENNIG ergab schliesslich eine Zuordnung des fossilen Restes als Vertreter der Hemerodromiinae (Empididae, „Tanzfliegen“).

Nicht zutreffend ist die Feststellung (BACHMAYER et al., 1978:119), dass „dieser Insekten-Einschluss keine Beziehungen zu den Fliegen des baltischen Bernsteines hat“ – sind doch alle Unterfamilien der Empididae (auch die Hemerodromiinae!) aus baltischem Material bekannt (z.B.: WEITSCHAT & WICHARD, 1998:212; POINAR, 1992:180).

Alter: Untermiozän (Eggenburgium)

Literatur: BACHMAYER et al. (1978)

Klein-St.Paul (Kärnten):

Ein nussgroßes, braungelbes Stück „Succinit“ – offensichtlich ein Einzelfund – wird aus „an kleinen Bivalven reichen Mergel der Kreideformation“ angegeben.

Alter: „Kreide“

Literatur: ZEPHAROVICH (1873), MEIXNER (1957)

„Lavanttal“ (Kärnten):

Retinit, bernsteinähnliches Harz

Alter: ?

Literatur: MEIXNER (1957)

„Mondsee (Österreich)“:

Unter der Bezeichnung „Bernstein aus Österreich, Mondsee“ findet sich bei HECK (1999) die Abbildung eines Pyrolyse-Gaschromatogramms eines fossilen Harzes aus den Sammlungen des Naturhistorischen Museums, Wien; aufgrund der Analyse wird dieses Harz vom Verfasser als „eigenständiger Bernstein“ angesprochen.

Alter: ?

Literatur: HECK (1999)

Muntigl (N Salzburg):

Unter „Retinit“ werden bei STRASSER (1989) bis 1 cm große Funde eines „bernsteinähnlichen Harzes“ aus einem kleinen Steinbruch („Sandstein“) in Muntigl erwähnt; nähere Angaben fehlen leider.

Alter: ?

Schönmoos (Ennstal, Steiermark):

Unter der Bezeichnung „Bernstein aus Österreich, Steiermark, Schönmoos, Ennstal“ findet sich bei HECK (1999) die Abbildung eines Pyrolyse-Gaschromatogramms eines fossilen Harzes aus den Sammlungen des Institutes für Paläontologie der Universität Wien; aufgrund der Untersuchung dieses Harzes wird es von HECK als ähnlich dem Harz aus Gablitz bezeichnet.

Alter: ?

Literatur: HECK (1999)

Sittenberg bei Klein-St.Paul (Kärnten):

Retinit, bernsteinähnliches Harz

Alter: ?

Literatur: MEIXNER (1957)

Stoderzinken (Ennstal, Steiermark):

Von diesem Fundort liegt rotes Harz in einem Stück Lignit vor (Material verwahrt im Schloß Trautenfels).

Alter: ?

St. Pankraz bei Salzburg:

Neben Glaukonitkörnern und Goethit (Limonit) wird von STRASSER (1989) aus einer „Sandgrube in eozänem Sandstein“ ein bernsteinähnliches Harz angegeben.

Alter: Eozän.

Tennengebirge (Salzburg):

Vom westlichen Plateaurand des Tennengebirges (ca. 2.200 m Seehöhe) stammt ein Harzfund, der von VÁVRA & VYČUDILIK (1976) beschrieben und mittels verschiedener chemischer Methoden (Dünnschichtchromatographie der Thermolyseprodukte, Infrarotspektroskopie, Kernresonanzspektroskopie) charakterisiert wurde; eine C-14-Datierung ergab allerdings ein Alter von nur 570 ± 80 Jahre. Dadurch ergab sich einwandfrei, dass es sich bei diesem Fund nur um „subfossiles“ (besser vielleicht sogar „subrezentes“) Harzmaterial handelt. In der Folge wurde dann die C-14-Methode für die Altersbestimmung von verschiedenen Kopalen verwendet – was in eindrucksvoller Weise die Tatsache unterstrich, wie unterschiedlich alt dieses Material sein kann (SCHLEE, 1984a).

Vöslau (Niederösterreich):

Unter der Bezeichnung „Bernstein aus Österreich“ wird bei HECK (1999:222) ein Pyrolyse-Gaschromatogramm von Harzmaterial aus dem Badener Tegel einer Ziegelei bei Vöslau (Niederösterreich) abgebildet. Das Material stammt aus der Sammlung des Naturhistorischen Museums, Wien.

Alter: Badenium (Miozän)

Literatur: HECK (1999)

Voitsberg-Lankowitz (Steiermark):

Aus dem Kohlenbecken von Voitsberg-Lankowitz (genauer: aus dem Ritter von Horstig'schen Bergbaue bei Köflach) wurde von RUMPF (1870) ein bemerkenswerter Fund eines schwarzen, zähflüssigen Harzes beschrieben. Ein wenig erinnert diese Mitteilung an Berichte über den sog. „unreifen Bernstein“ des Baltikums. Der Verbleib dieses interessanten Harzfundes ist dem Verfasser leider nicht bekannt.

Alter: Otttang (STEININGER, 1998)

Wildshuth bzw. Wildshut (zu St. Pantaleon, OÖ):

Unter dieser Fundortangabe wird bei ZEPHAROVICH (1859) ein gelblich- und rötlichbraunes Harz (irrtümliche Landesangabe „Salzburg“), das zuweilen auch dunkel isabellgelb sein kann aus bituminösem Holz in einem Braunkohlenflöz angegeben – dann später bei ZEPHAROVICH (1893:242) als „Succinit“ bezeichnet.

Alter: ?

Wilhelmsburg bei St. Pölten (Niederösterreich):

Ein braungelbliches fossiles Harz wird von EXEL (1993:207) ohne nähere Beschreibung aus Wilhelmsburg angegeben. Diese Erwähnung dürfte wohl auf ZEPHAROVICH (1859:440) beruhen, der angibt, dass in einem Braunkohlenschurfe bei Wilhelmsburg bis halbfautgroße z.T. oberflächlich verwitterte und mit einer tonigen Rinde überzogene Stücke von „Succinit“ gefunden worden sind – eine Angabe, bei welcher er sich auf UNGER (1852:154) bezieht.

Alter: ?

4. Einzelne fossile Harze – „mit Mineralnamen“**4.1. Copalin**

Unter den bisher aus dem Bereich der Flyschzone bekannt gewordenen fossilen Harzen nimmt das von STARKL (1883) als Copalin beschriebene Material einen ganz besonderen Rang ein. Einerseits deswegen, weil sich dieser Autor bemühte, dieses fossile Harze durch umfangreiche chemische Untersuchungen möglichst genau zu charakterisieren und mit anderen Harzen sorgfältig zu vergleichen, andererseits aber auch deshalb, weil die Bezeichnung „Copalin“ dann vor allem auch für die Funde fossiler Harze aus Gablitz verwendet wurde. Diesem Harz aus Gablitz kommt aber besonders wegen der daraus bekannt gewordenen Inklusen eine gewisse Wichtigkeit zu (BACHMAYER, 1962; BACHMAYER, 1968; BACHMAYER, 1973). STARKL bringt in seiner Arbeit nicht nur eine relativ genaue Angabe des Fundortes (ein Steinbruch „im Rosenthale am Südostabhänge des Satzberges“), sondern auch eine überaus detaillierte Beschreibung der Schichtfolge sowie der Lithofazies – um die heutige Terminologie zu verwenden. In diesem Areal bestand nach STARKLS Angaben seit 1833 ein Steinbruchbetrieb, eine Tatsache, die auch in

einem einschlägigen, zeitgenössischen Führer durch die Umgebung Wiens Erwähnung fand (SCHMIDL, 1835); das ziemlich ausgedehnte, ehemalige Abbaugelände ist – trotz Rutschungen und Überwachsung – auch heute noch leicht zu erkennen. Funde von Copalin sind freilich schon lange nicht mehr möglich. Dieses fossile Harz fand sich nach STARKL nur in einem ganz bestimmten, „dem Rosenthale näher liegenden“ Bereich; es handelte sich um kleine Körner von maximal acht mm Durchmesser, die entweder „vereinzelte eingesprengt oder ringsherum von zahlreichen kleineren Körnern oder Bruchstücken umgeben“ waren. Steinbrucharbeiter berichteten allerdings, daß sie auch schon „haselnussgrosse Stücke“ gefunden hätten, wie STARKL an anderer Stelle erwähnt. Bezüglich der Farbe findet sich die Angabe, daß es alle möglichen Übergänge von „lichtgrünlichgelb bis ins Braune“ gäbe; die Stücke werden als durchsichtig bis durchscheinend und dem Bernstein ähnlich, aber als „weit mehr zerklüftet“ beschrieben. Organische Einschlüsse wurden nicht gefunden, deutliche Fluoreszenz wird vermerkt, der Geruch beim Verbrennen des Harzes als an Weihrauch erinnernd beschrieben. Als Schmelzpunkt wird 160 - 165° C angegeben. Zahlreiche Angaben über Löslichkeit sowie genauere Beschreibungen verschiedener chemischer Untersuchungen finden sich gleichfalls bei STARKL (1883). Zum Vergleich wurde die Beschreibung des „Highgate Resin“ vom Highgate Hill nahe London durch JOHNSTON (1839) herangezogen; als Ergebnis dieser Vergleiche schloss STARKL auf eine Identität der beiden Harze und verwendete daher für das Material aus Hütteldorf gleichfalls die Bezeichnung „Copalin“. Auch Beschreibungen und Angaben über andere Harze wurden in diese Vergleiche miteinbezogen. STARKL hoffte nach eigenen Angaben aufgrund weiterer Funde noch ergänzende Details liefern zu können. Was jedoch den eigentlichen „Copalit“ (= Highgate Resin, etc.) betrifft, so gilt dieser heute als Angiospermenharz (Burseraceae; FRONDEL, 1967, 1969). Das Originalmaterial des Copalin aus Hütteldorf hat STARKL im „Mineralogischen Museum der Universität“ unter der Inv. Nr. 6959 hinterlegt.

Eine Durchsicht der Sammlungen des Institutes für Mineralogie und Kristallographie ergab tatsächlich das Vorliegen von Belegmaterial aus Hütteldorf:

(1) Unter der Zahl: 6959 (also ganz offensichtlich „Typusmaterial!“) mit Acquis.-Jahr 82 XXIV/1 und der Bezeichnung „Retinit“ sowie „Copalit“ und der ausdrücklichen Fundortangabe Hütteldorf fand sich ein etwa 12 zu 13 cm großes Handstück des harzführenden Sedimentes mit einem 3,5 mm großem, hellgelben Harzeinschluß und zwei nicht näher definierbaren, stark inkohlten Pflanzenresten. Daß Etikette und Handstück tatsächlich zusammengehören, beweist die auf der Rückseite aufgeklebte Nummer 6959; unter „Paragenese“ wird auf dem Etikett ferner vermerkt „im Mergel der Kreideformation“. Auch eine Preisangabe ist vermerkt – 1 K 20 h.

(2) Unter der Zahl 8105 liegt ein etwas kleineres Handstück, unter der Bezeichnung „Retinit“, „Copalin“ gleichfalls mit der Fundortangabe Hütteldorf vor. Als Acquis.-Jahr ist 1888 III/8 genannt. Es handelt sich dabei um ein braunes, nur etwa 2 mm großes Harzstückchen auf einem

Handstück mit reichlichem, stark inkohlten Pflanzenhäcksel. Auch dieses Stück trägt die entsprechende Inventarnummer. Unter „Paragenese“ findet sich der Vermerk „mit Kohlenresten im Sandstein“.

(3) Eine dritte Schachtel mit entsprechender Etikette (Retinit, Copalit), der Nr. 6960 und dem Acquisitionsjahr 1882 war leider leer.

Es handelt sich also bei den vorliegenden Stücken einerseits (1) um Belegmaterial zur Arbeit von STARKL, andererseits (2) um Material, das nur wenige Jahre nach dieser Publikation in die Sammlung des Institutes gelangt ist. Aufgrund der Wichtigkeit dieser beiden Belege sowie der überaus geringen Materialmenge, können dzt. leider keine Versuche einer modernen, chemischen Charakterisierung dieses Materials unternommen werden.

Es war vermutlich SIGMUND (1937), der den Mineralnamen „Copalin“, wie er von STARKL eingeführt worden war, dann u.a. auch auf das fossile Harz aus dem Steinbruch an der Südseite des Höbersbachtals übertragen hat. In seinem Buch „Die Minerale Niederösterreichs“ hat SIGMUND neben einer ganzen Reihe anderer Fundstellen auch das Höbersbachtal („Hebelsbachtal“) bei Gablitz erwähnt. Dieses Material war auch Gegenstand eingehender chemischer Bearbeitungen, indem einerseits Vergleiche mit anderen fossilen Harzen angestellt wurden, andererseits aber auch die Zielsetzung, den pflanzlichen Ursprung zu ermitteln, ins Auge gefaßt wurde. Als Methoden wurden zunächst die Infrarotspektroskopie, sowie die Dünnschichtchromatographie von Thermolyseprodukten herangezogen (VÁVRA & VYČUDILIK, 1976). Aufgrund dieser Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß das Harz aus Gablitz von baltischem Bernstein („Succinit“) deutlich unterscheidbar ist, mit dem Material aus dem Greifensteiner Sandstein von Höflein (Flyschzone) und sogar mit einem Harz aus der Gosau von St. Gilgen auffallende Ähnlichkeit zeigt. Als pflanzlicher Ursprung wurden Coniferen („vielleicht Fichtenharz“) vorgeschlagen. Eine weitere, eingehendere Untersuchung, die Flysch- und Gosauharze zum Gegenstand hatte, wurde von GRÖBNER (1998) durchgeführt; detaillierte Vergleiche der einzelnen Inhaltsstoffe aufgrund der Massenspektren, sowie Pyrolysegaschromatographie (Aufnahmen durchgeführt von Dr. G. HECK, Berlin) ergaben eine Identität des Copalin aus Gablitz mit dem „Schraufit“ aus Purkersdorf – aber auch eine gewisse Ähnlichkeit mit authentischem Schraufit-Material aus der Bukowina. Rückschlüsse auf Erzeugerpflanzen konnten jedoch aufgrund des fortgeschrittenen Diagenesegrades nicht gezogen werden; es wurde die Interpretation vorgeschlagen, daß sich alle in diese Studie einbezogenen Harze in einem ähnlichen Entwicklungsstadium („Schraufit-Stadium“) befänden (GRÖBNER, 1998:40). Das „Copalin“ aus der Kreide von Hütteldorf, sowie das „Copalin“ aus dem Alttertiär von Gablitz sind chemisch offensichtlich nicht identisch: sowohl UV-Fluoreszenz, als auch unterschiedliche Löslichkeit in Schwefelkohlenstoff bieten zwei Unterscheidungsmöglichkeiten.

Erwähnt sei aber auch noch, daß die Bezeichnung „Copalin“ fallweise auch für ganz andere Harze verwendet wurde: so spricht z.B. EXEL (1993:157) unter Bezugnahme

auf das Harz aus der Unterkreide (Roßfeldschichten) von Golling bei Salzburg von „Copalinknollen“ Schließlich muß im Zusammenhang mit Copalin (aus Gablitz!) noch auf die bisher bekannt gewordenen Inklusenfunde hingewiesen werden. BACHMAYER (1962) berichtete zunächst über Funde von Pilzhyphen (*Dematiaceae*, „Schwärzepilze“, zu den Deuteromycetes [„Fungi imperfecti“] gehörig; Belege an der Geol.-Paläontolog. Abteilung des Naturhistor. Museums Wien, Acq.Nr. 464/1962, coll. BACHMAYER). Einige Jahre später wurde über Funde von *Myrica*-Früchten (*Myricaceae*, Gagelstrauchgewächse) von dem selben Fundort berichtet (BACHMAYER, 1968); auch dieses Material wird im Naturhistorischen Museum Wien verwahrt (s.o., Akqu. Nr. 1968/759). Diese Angabe wurde auch von POINAR (1992:77) übernommen. Eine große Ähnlichkeit der Funde aus Gablitz mit den Früchten der rezenten *Myrica cerifera* aus Nordamerika wurde von BACHMAYER hervorgehoben; aufgrund des Erhaltungszustandes war allerdings eine artliche Bestimmung des Materials aus Gablitz nicht möglich. *Myrica*-Reste (meist Blätter) sind immer wieder aus tertiären Ablagerungen beschrieben worden, sie finden sich auch im Baltischen Bernstein, eine Angabe, die auch von WEITSCHAT & WICHARD (1998) übernommen wurde; diese Autoren bilden aus Baltischem Bernstein ein ganz hervorragend erhaltenes Blatt der Gattung *Myrica* ab (loc. cit., Taf.5, Fig. f). Ein mögliches *Myrica*-Blatt wurde schließlich auch aus dem Gablitzer Material zur Diskussion gestellt (BACHMAYER, 1973).

Zusammenfassung:

Als „Copalin“ wird in der Literatur einerseits das Harz aus der Kreide von Hütteldorf, andererseits aber auch das Material aus dem Alttertiär von Gablitz bezeichnet; beide Harze sind nicht nur hinsichtlich ihres geologischen Alters, sondern auch bezüglich ihres Chemismus unterscheidbar. Die übliche Verwendung der Bezeichnung „Copalin“ für das Material aus Gablitz ist daher nicht nur bedauerlich, sondern auch verwirrend. Die Bedeutung des Greifensteiner Sandsteins mit seiner Harzföhrung ist besonders durch den Nachweis von Inklusen gegeben. Da bis auf weiteres hinsichtlich des botanischen Ursprunges der verschiedenen Harze aus der Flyschzone keine sicheren Angaben möglich scheinen, ist es im Moment nützlich, den Begriff „Flyschharze“ als eine Art „Arbeitsbegriff“ einzuführen, bzw. beizubehalten.

4.2. Rosthornit

Im eozänen Becken des Krappfeldes (NNE Klagenfurt, Kärnten) ist von drei Orten das Vorkommen von Kohlenflözen bekannt: Althofen, Guttaring und Klein St.Paul. Sie wurden während der untereozänen Transgression gebildet, ihre Altersstellung wurde palynologisch bestimmt (STEININGER et al., 1988/89). Am Sonnberg nahe Guttaring bestand von 1773 - 1933 ein kleiner Kohlenbergbau (z.B. 1902: nur 26 Beschäftigte), aus dem HÖFER (1871) den Fund eines fossilen Harzes berichtete, ein Material, das in linsenförmigen Knollen von einem Zoll Dicke und einem Durchmesser von

bis zu sechs Zoll vorkam. Die Farbe dieses Materials wird als „braun bis granatro“ bzw. als „granatbraun“ angegeben, in Splintern erscheint es – besonders im durchfallenden Licht – als weingelb. Bezüglich der Härte findet sich die Angabe, dass es mit dem Fingernagel gerade noch geritzt werden kann, als Dichte wird 1,076 genannt. Als Name des Bergbaues gibt HÖFER „Knappitsch“ an – eine Bezeichnung, die sich möglicherweise vom Besitzer herleitet. REDLICH (1905) beschreibt die Geologie dieses Kohlevorkommens und gibt auch die genaue Lage der Harzfunde im Profil an; das Harz, für das HÖFER die Bezeichnung Rosthornit vorgeschlagen hatte, dürfte nach der Angabe bei REDLICH recht häufig gewesen sein. HÖFER wollte mit diesem neuen Mineralnamen F.V. ROSTHORN, dem verdienstvollen Erforscher der Geologie und Mineralogie Kärntens, ein Denkmal setzen. Dieser hatte auch eine der ersten Beschreibungen des Alttertiärs der Gegend von Guttaring geliefert (ROSTHORN & CANAVAL, 1853). Erst nach sehr sorgfältigen Vergleichen mit anderen fossilen Harzen (Bucaramangit, Euosmit, Jaulingit, Pyroretin, Retinit und Succinit) kam HÖFER zur Schlussfolgerung, dass tatsächlich ein bisher nicht bekanntes neues Mineral vorlag und brachte daher einen neuen Namen (Rosthornit) in Vorschlag. Verschiedene spätere Autoren nahmen in der Folge zum Rosthornit Stellung: DAMMER & TIETZE (1928:523) erwähnen ihn unter den fossilen Koniferenharzen, HINTZE (1933) betonte seine Ähnlichkeit mit Bucaramangit, Euosmit und Jaulingit, PACLT (1953:341) führt ihn unter „Other Caenozoic Resins derived probably from Coniferous Woods“ an. MEIXNER (1957:114) erwähnt sowohl den Rosthornit als auch Retinit als Sammelname bernsteinähnlicher Harze vom Sonnberg bei Guttaring; auch EXEL (1993) bezeichnet den Rosthornit als „bernsteinähnlich“, nachdem ihn HEY (1962) zum Retinit gestellt hatte. Der Nachweis von α - und β -Amyrin in einer löslichen Fraktion einer authentischen Rosthornit-Probe durch VÁVRA (1999) verwies dann schliesslich auf die Sonderstellung, die dieses fossile Harze innerhalb der österreichischen Funde einnimmt: diese pentazyklischen Triterpene gelten nämlich als verlässlicher Anzeiger für eine Herleitung fossiler Harze von Angiospermen (z. B. BRACKMAN et al., 1984). Rosthornit ist keineswegs das einzige fossile Harz, für welches Amyrine nachgewiesen wurden: beginnend mit den Arbeiten von FRONDEL (1967, 1969) häuften sich die Befunde, sodass heute eine ganze Reihe fossiler Harze den Angiospermen (? Burseraceae) zugeordnet wird. Der Highgate Copalite aus den eozänen London Clays, Glessit und Guayaquilit seien hier als Beispiele genannt. Ein Infrarotspektrum des Rosthornits wurde von VÁVRA (1982: Abb. 4, Fig. 2) abgebildet.

Chemotaxonomische Überlegungen:

Triterpene gelten ganz allgemein als typisch für Angiospermenharze (BRACKMAN et al., 1984 sowie die dort zitierte Literatur); insofern kommt dem Nachweis von Amyrinen (pentazyklische Triterpene, Abb. 5: 5, 6) zweifellos besonderes Interesse zu. Bedauerlicherweise ist diese Gruppe von Substanzen im Pflanzenreich aber ziemlich weit verbreitet. So findet sich das α -Amyrin (Abb. 5: 5) sowohl in der Gattung *Ficus* als auch in Vertretern der Familien der Balanophoraceae und Erythroxylaceae; das β -Isomere

(Abb. 5: 6) findet sich als „Balanophorin“ (=Palmitinsäureester des β -Amyrin) in den gleichen Gruppen, zusammen mit seinem α -Isomeren (WINDHOLZ et al., 1976).

Betrachtet man jedoch nur die harzlifernden Pflanzen, so ergibt sich eine drastische Einschränkung, wobei die Burseraceae als eine der wahrscheinlichsten Quellen für Amyrine angesehen werden. Diese Familie umfasst etwa 16 - 20 Gattungen und etwa 600 Arten: Bäume oder Sträucher, die man im tropischen Amerika oder in Nordostafrika antrifft. Die bekanntesten pflanzlichen Produkte, welche von Vertretern der Burseraceae gebildet werden sind wohl die Myrrhe (*Commiphora*) und der (echte) Weihrauch (*Boswellia carteri* u.a.). Gummis, Harze und Balsame werden von anderen Vertretern dieser Familie gebildet (CRONQUIST, 1992). Die Elemi-Harze, wie sie aus bestimmten Vertretern der Burseraceae gewonnen werden (bsd. von *Canarium luzonicum*, das sog. „Manila-Elemi“), finden Verwendung in der Parfümerie, zur Herstellung bestimmter Lacke, Hautsalben und Räuchermittel sowie als Zusatz bei bestimmten Farben (NEUMÜLLER, 1979-1988). Nachdem bereits HELM (1881) auf eine Ähnlichkeit zwischen Glessit und rezenten „Gummiharzen“ wie Myrrhe verwiesen hatte, gilt heute aufgrund des Nachweises von

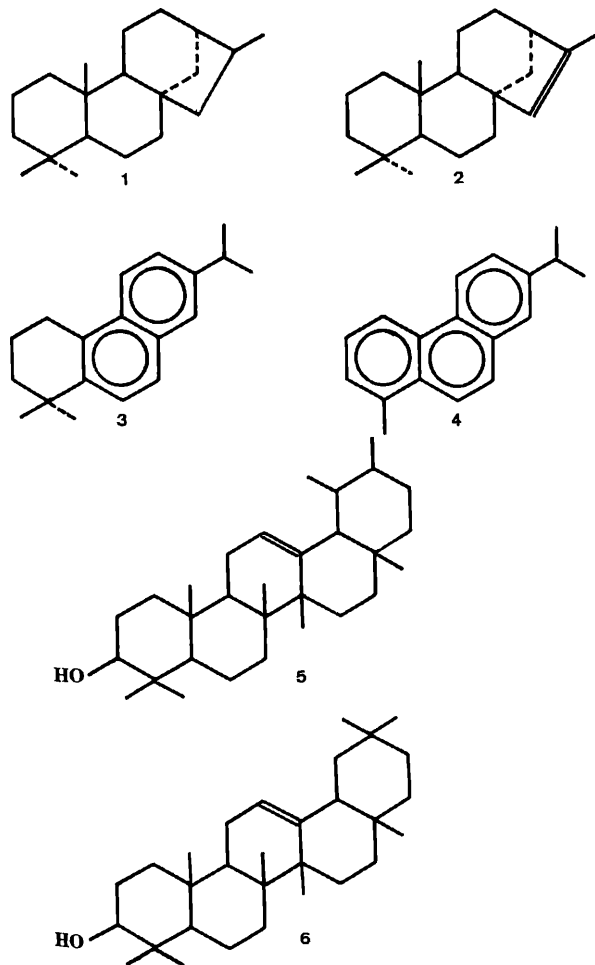


Abbildung 5: Schematisierte Strukturformeln einzelner Chemo-fossilien aus organischen Mineralien und fossilen Harzen Österreichs: (1) α -Phyllocladan (2) Isophyllocladan (3) Simonellit (4) Reten (5) α -Amyrin (6) β -Amyrin.

Amyrin eine ganze Gruppe fossiler Harze als mögliche Produkte dieser Burseraceae: der Highgate Copalite aus dem London Clay, Harzfunde aus Whetstone (Hertfordshire) und Richmond (Surrey), ebenso wie Glessit und Guayaquilite; dazu kommt als weiteres Beispiel nunmehr auch der Rosthornit aus dem Eozän Kärntens. War das Vorkommen von Amyrin zunächst nur durch Vergleiche mittels Röntgenbeugung des kristallinen Amyrins, bzw. durch Dünnschichtchromatographie nachgewiesen (FRONDEL 1967, 1969), so wurde später das Vorkommen beider Isomere (α - und β -Amyrin) für den Glessit aus Bitterfeld mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie nachgewiesen (KOSMOWSKA-CERANOWICZ et al., 1993). Dabei zeigte sich auch, dass das Verhältnis der beiden Isomere zueinander im fossilen Material (1 : 2,01) durchaus den Werten im rezenten vergleichbar ist (1 : 1,90).

4.3. Schraufit

Dieses fossile Harz wurde von SCHRÖCKINGER (1875) aus „Sandsteinschiefer“, welcher „der mittleren Abtheilung des Karpathen-Sandsteins“ angehört, von einer genau bezeichneten Fundstelle unweit des Dorfes Wamma (25 km von Illischestie) in der Bukowina beschrieben. Da die Bezeichnung „Schraufit“ fallweise auch für fossile Harze aus Österreich verwendet wurde, seien hier kurz einige Angaben eingefügt. Als Härte gibt SCHRÖCKINGER 2 - 2,8 an, für das spezifische Gewicht 1,0 - 1,12, der Bruch wird als flachmuschelartig beschrieben, oft auch als splittrig; für die Farbe nennt der Autor „vorwiegend hyacinthrot“, sie „geht jedoch häufig bis in das blutrothe des Pyrops über“. Als Schmelzpunkt (unter reichlicher Gasentwicklung) wird 326° angegeben. Im Rahmen der von SCHRÖCKINGER publizierten chemischen Untersuchungen wurde auch ein fossiles Harz, das 1873 in einem „Sandsteinbruche (rother Bruch)“ zwischen Höflein und Kritzendorf (Niederösterreich) gefunden war, miteinbezogen. Es wird eine auffallende Ähnlichkeit zwischen dem Harz aus Wamma und dem aus Höflein (sowie einem weiteren mit Fundort Mizun) betont, eine klare Unterscheidung zum „eigentlichen Bernstein“ ausgesprochen und für die neue Mineralart schliesslich der Name „Schraufit“ vorgeschlagen (nach Prof. Dr. Albrecht Schrauf, 1837-1897, ab 1874 Ordinarius für Mineralogie an der Universität Wien als Nachfolger von A.E. Reuss).

So hat also bereits SCHRÖCKINGER die Bezeichnung „Schraufit“ für ein Harz aus der Flyschzone des Wienerwaldes verwendet. Daher ist es auch weiter nicht verwunderlich, dass immer wieder Schraufit aus Österreich angegeben wird: so erwähnt ihn beispielsweise DANA (1892:1006) auch aus Höflein, HINTZE (1933:1396) gibt als österreichischen Fundort – etwas genauer – „zwischen Höflein und Kritzendorf“ (sic!) an, SIGMUND (1937) fügt als weiteren österreichischen Fundort noch Purkersdorf hinzu, EXEL (1993) erwähnt Schraufit nur im Rahmen einer Aufzählung bernsteinähnlicher Harze. Andere Autoren erwähnen den Schraufit zwar, ohne jedoch auf Funde aus Österreich hinzuweisen (z.B. DAMMER & TIETZE, 1928:514-515; TSCHIRCH

& STOCK, 1936:1198; HEY, 1962:303). VON PACLT (1953) wird er unter „Caenozoic Resins derived probably from Coniferous Woods“ angeführt.

Im Rahmen von vergleichenden Studien an Flysch- und Gosauharzen mit Hilfe der Gaschromatographie/Massenspektrometrie hat GRÖBNER (1998) auch eine Reihe von interessanten Resultaten zum Problem des Vorkommens von Schraufit in Österreich erarbeitet. Vier der von ihr untersuchten fossilen Harze (Copalin aus Gablitz, Schraufit aus Purkersdorf, ein Harz aus der Gosau von Weißenbach sowie Schraufit aus der Bukowina) wurden von ihr aufgrund der hohen Übereinstimmung der verglichenen Inhaltsstoffe löslicher Fraktionen als „schraufitähnlich“ eingestuft. Besonders grosse Ähnlichkeiten waren zwischen dem Gablitzer Copalin und dem Schraufit aus Purkersdorf festgestellt worden. Hinweise auf mögliche Erzeugerpflanzen konnten nicht erarbeitet werden; nach Meinung der Autorin – der ich mich anschließen möchte – bezeichnet „Schraufit“ ein bestimmtes Stadium im Verlaufe der Diagenese fossiler Harze. Für die genannten Studien wurden von Dr. HECK (Berlin) auch vergleichende Untersuchungen mittels Pyrolyse-Gaschromatographie angestellt; nach seinen Ergebnissen hätte allerdings der Schraufit aus Wamma mit den Flyschharzen aus dem Wienerwald weniger gemeinsam als mit dem Harz aus der Gosau von Weißenbach.

Zusammenfassend muss daher leider festgestellt werden, dass das mögliche Vorkommen von Schraufit in Österreich nach wie vor eine weitgehend offene Frage darstellt.

4.4. Trinkerit

Als Trinkerit wurde von NIEDZWIEDZKI (1871) ein aus den Gosauablagerungen von Gams bei Hieflau (Steiermark) stammendes fossiles Harz bezeichnet, das nach den Angaben dieses Autors „zu Gams und Wildalpen in Ober-Steiermark“ ziemlich häufig vorkommen soll. Für die vorliegenden Stücke wird „Gams, Schurfstollen am Bösenberg“ als genauere Fundort angegeben. Die Stücke werden als ovale oder unregelmäßig langgezogene Knollen, „gegen 2 Kubikzoll an Masse enthaltend“ beschrieben; als Farbe des Harzes wird gelblich- oder rötlichbraun angegeben, eine etwa 1 mm dicke, lederbraune, matte undurchsichtige Rinde, welche die Harzknollen umgibt, wird erwähnt. Das Harz wird als an den Kanten stark durchscheinend, mit Fettglanz und flachmuscheligen Bruch beschrieben, dessen Härte „die des Steinsalzes“ sei; die Dichte wird mit 1,032 angegeben. Chemische Untersuchungen durch HLASIWETZ (in NIEDZWIEDZKI, 1871) ergaben „ganz dasselbe Verhalten“, wie es der vom gleichen Bearbeiter untersuchte Trinkerit aus Carpano in Istrien (TSCHERMAK, 1870) zeigte. Die Elementaranalysen ergaben eine fast identische Zusammensetzung. Bei EXEL (1993:207) scheint der Trinkerit unter den „bernsteinähnlichen Harzen“ auf; erste, vorläufige Versuche, den Trinkerit mittels Gaschromatographie einer löslichen Fraktion zu charakterisieren (VÁVRA, 1993) führten nach einem Vergleich mit authentischem Material aus Istrien allerdings dazu, an einer Identität der beiden Materialien zu zweifeln.

5. Organische Minerale, deren Harznatur fraglich ist

5.1. Hartin

Aus dem auch im Zusammenhang mit Hartit und Ixolith erwähnten Kohlenbergbau in Oberhart bei Gloggnitz (Niederösterreich) hat SCHRÖTTER (1843) drei weitere organische Minerale unter den Bezeichnungen „Hartin“, „Alphaharz“ und „Betaharz“ beschrieben. Während die letzteren beiden nur durch Extraktion von Kohle gewonnen worden waren, handelte es sich beim sog. Hartin tatsächlich um eine im Kohleflöz vorkommende Substanz. SCHRÖTTER zeigte im Verlaufe seiner Untersuchungen, dass Hartin durch den höheren Schmelzpunkt (210°) und aufgrund anderer Kriterien nicht nur vom Hartit, sondern auch von anderen Substanzen unterscheidbar ist. Die Bezeichnung „Hartin“ wurde von SCHRÖTTER ganz bewusst gewählt: der Name sollte auf das gemeinsame Vorkommen mit Hartit verweisen. Als spezifisches Gewicht gibt er 1,115 an, eine „empirische Formel“ mit $C_{20}H_{34}O_2$. In diesem Zusammenhang verwies er auf die Ähnlichkeit dieser Formel mit der des Kampfers; wie diese Bemerkung zu verstehen ist und wie schwierig es sein kann, derart alte Analysendaten zu interpretieren (Probleme der Bestimmung der Molekülmasse, andere relative Atomgewichte, etc.) wird bei VÁVRA (2004 a:12) kurz diskutiert.

DANA (1892) nimmt versehentlich an, dass auch das Hartin – genauso wie die anderen beiden Harze (s.o.!) durch Extraktion von Kohle gewonnen worden war; er setzt den Hartin in Beziehung zu Xyloretinit (DANA, 1892:1009). Die Angaben SCHRÖTTERS über den Hartin werden auch von DAMMER & TIETZE (1928: 522) übernommen, HINTZE (1933: 1440 – 1441) verwendet schliesslich für Hartin die Bezeichnung „Psatrit“ (bei anderen Autoren auch „Psathyrit“), wohingegen HEY (1962: 304) wiederum die Bezeichnung Hartine verwendet und Psathyrite genauso wie Psatrit als jüngere Synonyme anführt. EXEL (1993) schliesslich erwähnt den Hartin als jüngeres Synonym von Xyloretinit unter den bernsteinähnlichen Harzen.

Die Frage, um welche Substanz es sich bei Hartin wirklich gehandelt hat, könnte endgültig aber nur durch eine Analyse einer authentischen Probe geklärt werden. Leider konnte der Verfasser bis jetzt keinerlei derartiges Material in alten Sammlungsbeständen ausfindig machen.

5.2. Köflachit

Aus einem Kohlenbergbau in der Steiermark (Voitsberg-Köflach) war von DOELTER (1878) unter der Bezeichnung „Köflachit“ ein organisches Mineral beschrieben worden, dessen Zuordnung zu den fossilen Harzen nach neueren Untersuchungen (VÁVRA, 1993) zumindest als fraglich bezeichnet werden muß. Es handelte sich nach den Angaben bei DOELTER (1878:93) um ein dunkelbraunes Harz, das in „zoll dicken Schichten“ in der Kohle des Gottesgabenschachtes, Hangendstollen (Lankowitz) vorkam. Dünne

Splitter werden als durchscheinend und rötlichbraun beschrieben, der Bruch als muschelig angegeben. Sowohl der Schmelzpunkt (nach DOELTER bei etwa 98°) als auch die Dichte („V. G.“) von 1,2 - 1,25, mit einem Mittelwert von 1,2 und die Löslichkeitsangaben (in Äther vollkommen und sehr rasch löslich“, „löslich in Schwefelkohlenstoff“) sind für ein fossiles Harz absolut untypisch. Eine moderne Bearbeitung einer Köflachitprobe zeigte dann auch (VÁVRA, 1992, 1993), dass es sich bei dem untersuchten Material – zumindest überwiegend – um ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen handelt. Dieser Untersuchung haftet jedoch eine gewisse Unsicherheit an, da es leider nicht gelungen war, das Originalmaterial DOELTERS aufzufinden; es stand nur eine Probe mit der Bezeichnung „Köflachit“ und der Fundortangabe „Köflach“ zur Verfügung. Alleine die Tatsache, dass dieses Material – ganz im Gegensatz zur Angabe bei DOELTER! – bis 230° keinerlei Schmelzen erkennen liess, stimmt bedenklich hinsichtlich einer etwaigen Identität.

Obwohl DOELTER einen neuen Mineralnamen einführt („Köflachit“) betont er andererseits, dass es sich dabei um einen „dem Jaulingit nahestehenden Retinit“ handelt. Auch HATLE (1885) betrachtet den Köflachit als eine Varietät des Jaulingits, MEIXNER (1950) betont, dass der Köflachit „meist als ein dem Jaulingit nahestehender Retinit“ bezeichnet wird; PACLT (1953) führt ihn unter der Überschrift „Other Caenozoic Resins derived probably from Coniferous Woods“ mit dem Zusatz „derived, perhaps, from *Taxodioxylon* sp.“ an, eine Angabe, die von HEY (1962) übernommen wurde. Irgendeine Begründung für diese Angabe eines pflanzlichen Ursprunges wird jedoch nicht gegeben; der vom Verfasser (VÁVRA, 1992) erfolgte Nachweis verschiedener Kohlenwasserstoffe in einer Harzprobe aus Köflach (Sandarocopimaran, Eudesman, Norpimaran, Dehydroabietan, Simonellit – Abb. 5: 3 - und Reten – Abb. 5: 4) wird vor allem dadurch interessant, dass in dem untersuchten Gemisch das Phyllocladan (Abb. 5: 1) den Hauptbestandteil ausmacht. Dadurch erweist sich der „Hartit“ als die wichtigste Komponente und der untersuchte Köflachit gehört also (zusammen mit Jaulingit und Ixolith) zu einer Gruppe organischer Minerale, die man etwa mit dem Arbeitsbegriff „Hartit-Gruppe“ zusammenfassend charakterisieren könnte. Damit ergibt sich aber auch die Möglichkeit, für den Köflachit die Chemotaxonomie in ähnlicher Weise zu diskutieren, wie beim Hartit näher ausgeführt: die beiden Taxodiaceen-Genera *Sciadopitys* und/oder *Cryptomeria* als mögliche pflanzliche Quelle für das vorliegende Gemisch von Kohlenwasserstoffen. Ergänzend zu der Diskussion der einzelnen nachgewiesenen Kohlenwasserstoffe (VÁVRA, 1993) kann hier noch darauf verwiesen werden, dass sowohl das Dehydroabietan als auch Simonellit und Reten als mögliche Produkte der Diagenese des Phyllocladan betrachtet werden können (vgl. auch VÁVRA, 1998a) – eine Möglichkeit, die seinerzeit bei der Untersuchung des Köflachits übersehen worden war. Im Zusammenhang mit der Diskussion der pflanzlichen Quelle dieser organischen Minerale ist wohl auch der Nachweis eines diaromatischen Tolarans im Köflachit (VÁVRA, nicht publiziert) von Inter-

esse, gelten doch derlei Terpenstrukturen als Hinweis auf Taxodiaceae und Cupressaceae sowie auch für die – aus biogeographischen Gründen – wohl auszuscheidenden Podocarpaceae (OTTO et al., 1997).

Im Zusammenhang mit der Diskussion des Köflachits als Gemisch von Kohlenwasserstoffgemisch darf nicht übersehen werden, dass Köflachit auch in jüngster Zeit immer wieder als Beispiel für ein fossiles Harz erwähnt wird; so findet er sich nicht nur bei HINTZE (1933) in der Retinit-Gruppe, sondern wird auch im Rahmen von vergleichenden Studien mittels Pyrolyse-Gaschromatographie durch HECK (1999) als „Bernstein aus Österreich, Steiermark, Köflach“ bzw. als „Eigenständiger Bernstein“ angeführt und schliesslich entdeckt man im Zusammenhang mit vergleichenden Studien zur Reifung fossiler Harze mittels Ramanspektroskopie (WINKLER et al., 2001) ein Material, das als „Fossil resin Köflachite-Jaulingite (Tertiary)“ bezeichnet wird.

6. Minerale, die (fallweise) irrtümlich als Harze bezeichnet wurden

6.1. Dopplerit

Von HAIDINGER (1849) wurde unter dem Namen „Dopplerit“ (benannt nach dem Erstentdecker, den bekannten Physiker und Mathematiker Christian Doppler, 1803 - 1853) aus einem Torflager in der „äussern Kainisch (Kanisch)“ (ZEPHAROVICH, 1859:135) SE Aussee (Steiermark) ein organisches Mineral beschrieben, das von einzelnen Autoren – fälschlicherweise – als fossiles Harz bezeichnet wurde (z.B. SIGMUND, 1937). Das ist der Grund, warum hier kurz auf diese Substanz verwiesen sei; nachdem dieses Material von DANA (1892:1014) unter den Kohlenwasserstoffen aufgeführt worden war, setzte sich aber rasch die Erkenntnis durch, dass es sich um ein Gemisch von Salzen der Huminsäuren handelt. So wird dieses Material beispielsweise von HINTZE (1933:1349-1351) unter Nennung einer ganzen Reihe weiterer Fundorte und einschlägiger Literatur relativ eingehend beschrieben und als „Calciumsalz einer oder wahrscheinlich mehrerer humusartiger Säuren“ bezeichnet sowie als ein Gel charakterisiert, das je nach dem Wassergehalt unterschiedliche physikalische Eigenschaften aufweist. PACLT (1953:335) klassifiziert den Dopplerit unter den Sapropeliten, Gruppe I: „Humic Bodies“; bei HEY (1962:309) findet sich der kurze Hinweis „The Ca-salt of a humic acid.“ Eine modernere Betrachtungsweise spricht von „Gel-Xyliten“, also von Hölzern, deren Struktur von Humusgel durchtränkt ist (KLAUS, 1987:93).

6.2. Hartit

Mit „Hartit“ bezeichnet man einen ganz bestimmten Kohlenwasserstoff, das Phyllocladan (Fig. 5: 1), welches in neogenen Kohlelagerstätten relativ häufig als Chemo-fossil („biological marker“) nachgewiesen wurde (z.B.

Australien, China, Deutschland, Italien, Nigeria, Rußland, Tschechien, Ungarn – s. VÁVRA, 2004a bzw. die dort zitierte Literatur), gar nicht selten aber auch als Mineral, z. T. in gut charakterisierbaren Kristallen auftritt. HAIDINGER (1841) hatte diese Substanz aus dem Lignit von Oberhart bei Gloggnitz (Karpät, Niederösterreich) als „scheereritartiges Mineral“ beschrieben und auch die Bezeichnung Hartit vorgeschlagen. Der Fund stammt somit aus dem ersten Betriebsjahr dieses ehemals nicht unbedeutenden Glanzkohlenbergbaus; trotz der relativ hohen Qualität der Kohle mußte der Abbau nach einem wechselvollen Schicksal im Jahre 1949 endgültig eingestellt werden (WEBER & WEISS, 1983). Das Alter dieser Lagerstätte wird mit Karpät angegeben (STEININGER et al., 1988/89). HAIDINGER beschrieb, daß dieses neue Mineral – der Hartit – verschiedene Risse in fossilem Holz ausfüllte und erwähnte auch bis zu einem halben Zoll große tafelförmige „Individuen“, ohne jedoch die Kristalltracht näher beschreiben zu können. Eine gute Spaltbarkeit wird ebenso angegeben wie der muschelige Bruch, eine Härte von 1 und eine Dichte von 1,046. Als Farbe gibt HAIDINGER weiß an, der Glanz wird als schwach fettartig und die Durchsichtigkeit als „ungefähr wie bei weißem Wachs“ beschrieben. Der angegebene Schmelzpunkt von 74° beweist, daß ihm tatsächlich sehr reines Material vorlag. Bemerkenswert ist vor allem auch die Tatsache, daß HAIDINGER vor allem auf Vergleiche bzw. Ähnlichkeiten mit Fichtelit und Scheererit verweist, beides natürlich vorkommende Kohlenwasserstoffe bzw. Gemische derselben. Abschließend verweist HAIDINGER schließlich noch auf die von SCHRÖTTER geplante genaue chemische Untersuchung dieses neuen Minerals. Diese Bearbeitung ging jedoch schließlich weit über eine genaue chemische Charakterisierung des Hartit hinaus: eine chemische Untersuchung von Kohlenproben aus Oberhart ist ebenso wie einer Charakterisierung von Harzen, die er durch Extraktion mit Äther aus dieser Kohle isoliert hatte („Alphaharz“ und „Betaharz“), der Beschreibung eines weiteren organischen Minerals (Hartin), sowie chemische Untersuchungen des „Retinit“ (gemeint ist hier der „Walchowit“ aus den Kohlegruben in Walchow, Mähren) und des Bernsteins s. str. (wohl im Sinne von „Succinit“ zu verstehen) in dieser Publikation enthalten (SCHRÖTTER, 1843). Bezüglich des Hartit bestätigt SCHRÖTTER die bereits von HAIDINGER angegebenen Werte für die Dichte (1,046) als auch für den Schmelzpunkt (74°). Es gebührt ihm ferner das Verdienst, den Hartit endgültig als Kohlenwasserstoff erkannt zu haben (die vom ihm vorgeschlagene Summenformel $[C_6H_{10}]$ entspricht was das Verhältnis C/H betrifft bereits ziemlich gut der tatsächlichen Zusammensetzung $[C_{20}H_{34}]$); allerdings denkt er sichtlich eher an ein Gemisch („eine Verbindung zweier Kohlenwasserstoffe“). Er nimmt ferner an, daß Hartit die gleiche prozentuale Zusammensetzung wie Tekoretin hat – ein Mineral, das dann von HEY (1962) als jüngeres Synonym von Fichtelit ($C_{18}H_{32}$) angeführt wird –, eine Annahme, der in Anbetracht der damaligen Möglichkeiten bei der Durchführung von Elementaranalysen nicht weiter verwunderlich ist. Ganz zurecht verweist er aber auf den beträchtlichen Unterschied der Schmelzpunkte: 45° für Tekoretin (für Fichtelit: 46°,

DAMMER & TIETZE, 1928) bzw. die bereits erwähnten 74° für den Hartit.

Die m.W. erste Erwähnung eines Fundes von Hartit außerhalb der Typuslokalität beruht auf Funden aus dem Jahre 1855 (HATLE, 1855) und wird bei ROLLE (1856: 558) erwähnt: ihm lag Material aus einer Kohlengrube im Rosenthal (Köflach-Voitsberger Braunkohlenrevier, Steiermark) vor. Besonders hervorzuheben an dieser kurzen Erwähnung ist vor allem die Tatsache, daß der Hartit hier ausdrücklich als „krystallisiertes Kohlenwasserstoff-Mineral“ angesprochen wird. Eingehender beschrieben wurde dieses Material im gleichen Jahr von KENNGOTT (1856). Weitere Angaben in der Literatur betreffen ein Vorkommen in Oberdorf (Bereich Voitsberg-Lankowitz; RUMPF, 1870) sowie in Göriach „nächst Turnau in Obersteiermark“ (SIGMUND, 1918); RUMPF (1869, 1870) kennt jedenfalls Hartit schon von mehreren steirischen Fundorten und bemerkt, daß er in dem bereits erwähnten Kohlerevier keineswegs selten ist. Eine Angabe bei MEIXNER (1957) über ein Vorkommen in der Nähe von Bleiburg (Homberg) betrifft jedoch – wie von diesem Autor ausdrücklich vermerkt – einen Fund auf slowenischem Staatsgebiet. Einer Kompilation aller aus Österreich bekannt gewordenen Funde von Hartit käme allerdings nur eine eingeschränkte Bedeutung zu – eine Revision aller entsprechenden Angaben aufgrund neuer chemischer Untersuchungen wäre da wohl empfehlenswert. Für einige Funde aus dem Raume Köflach wurden derlei Analysen bereits durchgeführt (VÁVRA, 1992, 1993).

Unter der Bezeichnung „Josen“ wurden Studien von durch Extraktion aus steirischen Kohlen gewonnenem Material von SOLTYS (1929) veröffentlicht, Arbeiten an denen auch der Nobelpreisträger Prof. PREGL Anteil nahm, vielleicht sogar aktiv mitwirkte. Eine diesbezügliche Andeutung mit einer kurzen Erwähnung der von SOLTYS durchgeführten Arbeiten findet sich bereits bei MACHATSCHKI (1924), der nicht nur eine kristallographische Bearbeitung von Josen-Kristallen durchführte, sondern sich auch bereits der Identität des Josens mit Hartit durchaus bewußt war. Erst von BRIGGS (1937) wurde Hartit jedoch schließlich als Phyllocladan (genauer: α -Dihydrophyllocladan) und damit als tetrazyklisches Diterpan identifiziert. Eine eingehende Darstellung des damaligen Wissensstandes findet sich bei HINTZE (1933: 1358 - 1360). Trotz allem finden sich aber bei HEY (1950, 1962) noch drei unterschiedliche Summenformeln für Hartit: $C_{20}H_{34}$, $C_{18}H_{30}$ und $C_{19}H_{32}$. Es muß auch betont werden, daß Hartit unter einer ganzen Reihe jüngerer Synonyme in einschlägigen Arbeiten beschrieben wurde: Iosen, Josen, Bombiccit, Hofmannit und Branchit. Nähere Angaben mit den entsprechenden Originalzitate finden sich bei HINTZE (1933: 1360), BOUSKA et al. (1998) sowie bei VÁVRA (1993). Das für die sichere Identifizierung von Hartit wichtige Massenspektrum findet sich bei PHILIP (1985, aus STREIBL et al., 1972). Eine moderne Zusammenfassung des aktuellen Wissensstandes über Hartit findet sich bei BOUSKA et al. (1998). Obwohl Hartit also bereits sehr früh (SCHRÖTTER, 1843; ROLLE, 1856) als Kohlenwasserstoff angesprochen worden war finden sich jedoch aber noch relativ lange anderslau-

tende, irreführende Angaben in der Literatur: DAMMER & TIETZE (1928) erwähnen ihn einerseits unter den fossilen Harzen (S 521/22) bzw. als „Wachsmine“, das zum Pyropissit zu stellen wäre (S. 701), PACLT (1953) erwähnt ihn zwar unter den Kohlenwasserstoffen, stellt ihn aber zu einer Gruppe, die er als aromatisch bezeichnet und gibt als Summenformel „ $C_{19}H_{32}$ (?)“ an. Bei EXEL (1993: 207) wird Hartit als eines der bernsteinähnlichen Harze angeführt. Daher war eine nähere Darstellung zum Thema Hartit wohl auch im Rahmen einer Arbeit über fossile Harze aus Österreich durchaus angebracht.

Zwei Gesichtspunkte müssen aber abschließend noch etwas näher ausgeführt werden: das Vorkommen von Hartit (=Phyllocladan) als Chemofossil in Braunkohlen, sowie der mögliche Aussagewert dieser Substanz in Bezug auf chemotaxonomische Überlegungen.

Wie z. B. bei STREIBL & HEROUT (1969) betont wird, findet sich Phyllocladan in zahlreichen Braunkohlenlagerstätten; tatsächlich existiert zu diesem Thema eine recht umfangreiche Literatur. In Ligniten aus Australien, China, Deutschland, Italien, Nigeria, Rußland, Tschechien und Ungarn wurde dieser Kohlenwasserstoff nachgewiesen (siehe BOUSKA et al. [1998] sowie die dort angeführte Literatur). In Österreich wurden die beiden Phyllocladane ($16\alpha(H)$ -Phyllocladan und $16\beta(H)$ -Phyllocladan) zusammen mit dem verwandten Isophyllocladan (Abb. 5: 2) sowie den beiden Diageneseprodukten Dehydroabietan und Simonellit (Abb. 5: 3) in Kohleproben aus dem Karpat des Korneuburger Beckens nachgewiesen (VÁVRA, 1998a); ein Nachweis von Isophyllocladan liegt – zusammen mit dem bereits aus diesem Gebiet bekannten Phyllocladan – nunmehr auch aus dem Voitsberger Braunkohlenrevier vor (VÁVRA, 1998b). Das Isophyllocladan stellt (ebenso wie Phyllocladan selbst) ein mögliches Zwischenprodukt bei der Isomerisierung der beiden Phyllocladane dar; die möglichen Reaktionswege während der Diagenese werden z.B. bei ALEXANDER et al. (1987) sowie bei GRIMALT et al. (1990) näher diskutiert.

Insgesamt ergibt sich jedenfalls die Tatsache, daß Phyllocladane und verwandte Substanzen einerseits als Minerale s. str. andererseits als Chemofossilien („biological markers“) in Ligniten/Braunkohlen häufig anzutreffen und weit verbreitet sind. Daher ist wohl eine kurze Diskussion des vermutlichen botanischen Ursprungs angebracht. Eine Behauptung (STREIBL & HEROUT, 1969 – übernommen von VÁVRA, 1992), daß sich Phyllocladan in rezenten Pflanzen findet, muß allerdings als ungenau bezeichnet werden, da es sich bei dem in Pflanzen vorkommendem Diterpen nur um den – strukturell durchaus entsprechenden – ungesättigten Kohlenwasserstoff, eben das Phyllocladan handelt. Dieser findet sich gelegentlich sogar als Hauptbestandteil in ätherischen Ölen mancher Arten des Genus *Phyllocladus* (Coniferopsida), sowie im Genus *Dacrydium* (Podocarpaceae); eine isomere Verbindung, das Kauren (=Podocarpren) wurde für manche Arten des Genus *Podocarpus* nachgewiesen. Das ätherische Öl der Gattung *Sciadopitys* (Taxodiaceae) enthält 5 % Phyllocladan (HEGNAUER, 1962; s. auch die dort angeführte Literatur). Isophyllocladan (ein Isomeres) bzw. der entsprechende

Alkohol (Phyllocladanol) findet sich bei einigen Genera der Coniferopsida (u.a.: *Cryptomeria*). Dieser Alkohol liefert unter Wasserabspaltung Phyllocladen (β -Elemienierung). Aufgrund derlei Angaben kommen also sowohl Vertreter der Taxodiaceae als auch der Podocarpaceae als Lieferanten von Phyllocladen in Betracht. Während der Diagenese bildet sich dann durch Hydrierung das Phyllocladan. Aus Gründen der Pflanzengeographie sowie der paläobotanischen Befunde scheiden für unseren Raum die Podocarpaceae wohl aus. Tatsache ist aber andererseits, daß *Sciadopitys* („Schirmtanne“, Vorkommen: südliches Japan) in Europa einen häufigen Bestandteil miozäner Floren der Braunkohlenwälder darstellt. Die Bezeichnung einer bestimmten Kohlevarietät („Graskohle“) leitet sich sogar von den stellenweise gehäuft vorkommenden, grasartigen Nadeln dieses Baumes ab. Auch das Vorkommen der Gattung *Cryptomeria* ist durch entsprechendes Fossilmaterial belegt. Für Österreich sind beide Gattungen nachgewiesen (ZETTER, 1988 bzw. pers. Mitteilung). Es scheint also durchaus zulässig in den beiden Taxodiaceen-Genera *Sciadopitys* und/oder *Cryptomeria* den möglichen Ursprung für Hartit bzw. Phyllocladan und seine Diageneseprodukte anzunehmen. Derlei Überlegungen werden allerdings durch die Tatsache beeinträchtigt, dass Diterpene vom Phyllocladen-Typ (Phyllocladanol, Phyllocladen) in verschiedenen Arten der Podocarpaceae, Araucariaceae, Cupressaceae und Taxodiaceae recht weit verbreitet sind. Bei der Verwendung von Phyllocladanen als „Biomarker“ ist daher große Vorsicht geboten (OTTO et al., 1997); es muss allerdings hinzugefügt werden, dass von den genannten Pflanzenfamilien sowohl die Araucariaceae als auch die Podocarpaceae aus biogeographischen Gründen für das Neogen Europas wohl auszuschließen sind.

6.3. Jaulingit

In einem Gebiet, „Jauling“ (auch: „große Jauling“ oder „Jaulingwiese“) genannt, S St. Veit a.d. Triesting, 5 km SE Berndorf (Niederösterreich) befand sich im 19. Jahrhundert ein kleiner Kohlenbergbau. Die Kohlevorkommen im Bereich von Berndorf wurden in neuerer Zeit von WEBER & WEISS (1983) zusammenfassend dargestellt; hier finden sich auch einige Angaben zum Bergbau in der „Jauling“. Dieses Vorkommen wurde ab der Mitte des 19. Jahrhunderts beschürft. Das hier angetroffene Flöz wurde einerseits durch einen 23 m tiefen Schacht, andererseits durch einen 50 m langen Stollen, von dem Strecken mit einer Gesamtlänge von 72 m ausgingen, abgebaut. Der Betrieb wurde aufgrund von Absatzschwierigkeiten bald wieder eingestellt. Das Profil, welches der erwähnte Schacht durchteufte, wurde von ZEPHAROVICH (1853) genauer beschrieben. Von paläontologischem Interesse ist vor allem der Hinweis auf einen Fund von *Mastodon angustidens*, (bzw. *Mastodon [= Gomphotherium] tapiroides* - Teile der Stossezähne, sowie der Molaren und Schädelfragmente), sowie der Bericht über das Vorkommen verschiedener Mollusken: *Helix*, *Clausilia*, *Melanopsis* und *Unio*. Aus diesem kleinen Bergbau beschrieb ZEPHAROVICH (1855) ein

neues organisches Mineral, das er als „Jaulingit“ bezeichnete. Dieses ausdrücklich als Harz bezeichnete Material fand sich in (beschädigten) fossilen Baumstämmen; für die Härte gab ZEPHAROVICH 2 - 3, für die Dichte 1,098 - 1,111 an. Die Farbe wurde von ihm als hyazinthrot angegeben. RUMPF (1869) beschrieb dann aufgrund von Material aus steirischen Fundorten drei verschiedene Varietäten dieses neuen Minerals; diese Unterscheidung wird bei HATLE (1885) wiederholt. Aufgrund der Angaben dieser beiden Autoren lag Jaulingit aus verschiedenen Kohlerevieren vor: Voitsberg, Köflach, Lankowitz, Oberdorf und Piber. Vergleichbare Angaben finden sich dann auch bei NIEMTSCHIK (1870); ZEPHAROVICH (1893:135) erwähnt Jaulingit aus Rettenegg (Mürzzuschlag, SO; Stmk.); SIGMUND (1918) berichtet über Jaulingit aus Göriach bei Turnau (Steiermark); BRUNLECHNER (1884) gibt den Jaulingit auch aus Liescha an. Einstufungen dieser Vorkommen finden sich bei STEININGER (1998), STEININGER et al. (1988/89): Miozän (Ottang). Von MEIXNER (1957, sowie die dort zitierte Literatur) wird Jaulingit – als „bernsteinähnliches Harz“ auch aus St. Stefan bei Wolfsberg (Kärnten) erwähnt. Die Angaben aus ZEPHAROVICH (1855) wurden auch von SIGMUND (1937) sowie VÁVRA (1984) übernommen; bei EXEL (1993:207) wird Jaulingit unter den bernsteinähnlichen Harzen aufgezählt. Zusätzliche Hinweise zum Vorkommen dieses Minerals finden sich bei TAUCHER & HOLLERER (2001).

Eine Charakterisierung von authentischem Material aus dem Typusgebiet wurde von VÁVRA (2004 a) publiziert; dabei handelte es sich um eine Probe, die im Naturhistorischen Museum Wien (Mineralogisch-Petrographische Abteilung) unter der Inventarnummer 1855.XXVI.1 verwahrt wird. Mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie einer methanolischen Lösung dieser Probe (VÁVRA, 2004a: Fig. 2, 3) konnte Phyllocladan als Hauptbestandteil (über 82 Flächen %) dieses Materials identifiziert werden. Das bedeutet aber nichts anderes, als daß es sich um so etwas wie „verunreinigten“ Hartit handelt; über die Interpretation dieses Befundes siehe unter „Hartit“ Weitere Untersuchungen von Material, das aus alten Sammlungen unter der Bezeichnung „Jaulingit“ vorlag, bewiesen jedoch, daß es sich hier um durchaus unterschiedliche Substanzen handeln kann. Eine breit angelegte, vergleichende Bearbeitung von Proben der verschiedensten Fundgebiete wäre hier noch dringend erforderlich; möglicherweise müßte man dann in irgendeiner Form doch wieder auf die drei von RUMPF (1869) unterschiedenen „Varietäten“ zurückgreifen.

6.4. Ixolyt (auch: Ixolyte, Ixolithe, Ixolythe)

Bereits in seiner Beschreibung des Hartits hat HAIDINGER (1841) erwähnt, dass sich im Kohlenbergbau von Oberhart, nahe Gloggnitz (Niederösterreich) noch ein weiteres Mineral „aus dem Geschlecht der Erdharze“ findet, das die „Längen- und Quersprünge in bituminösem Holze“ erfüllt, „manchmal den Hartit berührend und doch scharf von demselben durch Farbe und Structur getrennt.“ Die Farbe dieses Materials beschreibt er als hyazinthrot, ein durch

Zerreiben erhaltenes Pulver als ockergelb und gelblich-braun. Als Härte gibt er 1,0 an, als Spezifisches Gewicht 1,008; der manchmal besonders deutliche Fettglanz wird hervorgehoben, bezüglich des Verhaltens beim Schmelzen wird angegeben, dass dieses Material bei 76° erweicht, aber noch bei 100° zähe und fadenziehend ist. Aufgrund dieses Verhaltens hat HAIDINGER (1842) auch die Bezeichnung für dieses Mineral vorgeschlagen: „bei der Auflösung (λωω, ich löse auf) durch Wärme, zähe (τξοζ, Vogelleim) zu seyn“ Nach seinen Angaben ist es „augenscheinlich, dass der Ixolyt einst geschmolzen oder flüssig war, durch die blasenförmigen Räume, die er einschliesst“

Funde dieses merkwürdigen Minerals wurden in der Folge nur sehr selten mitgeteilt: MEIXNER (1957:114) erwähnt unter Bezugnahme auf ältere Literaturangaben ein „als Ixolith bezeichnetes, rotbraunes Harz aus der Braunkohle“ von St. Stefan im Lavantthal (Kärnten), TAUCHER & HOLLERER (2001) geben Ixolith auch für die Steiermark an. Andere Autoren bringen entweder nur eine kurze Wiedergabe der alten Angaben (z.B. SIGMUND, 1937) oder beschränken sich überhaupt nur auf eine kurze Erwähnung (z.B. EXEL, 1993:207), beispielsweise unter den „bernsteinähnlichen Harzen“ Bemerkenswert an so mancher älterer Literatur ist vor allem die Tatsache, dass dort Ixolith bei den Kohlenwasserstoffen abgehandelt wird (DANA, 1892:1001) oder zumindest als fraglich hinsichtlich seiner Zuordnung zu den Harzen oder Kohlenwasserstoffen betrachtet wird (HINTZE, 1933:1441-1442) bzw. auch mit der Bemerkung „is probably a hydrocarbon“ (HEY, 1962) angeführt wird.

Schliesslich gelang es nach dem Auffinden von „Typusmaterial“ in der Sammlung am Naturhistorischen Museum in Wien (Inv.Nr. 1844.II.54) diese Frage dahingehend zu beantworten, dass es sich beim Ixolyt tatsächlich um ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen mit Phyllocladan als Hauptkomponente handelt (VÁVRA, 2004 a). Eine methanolische Lösung des authentischen Materials ergab ein Gaschromatogramm mit einer ganzen Reihe gut getrennter Peaks (Abb. 6, oben): neben Phyllocladan als Hauptkomponente (Abb. 5: 1; Abb. 6, unten – Massenspektrum) konnten zwei weitere Substanzen anhand ihrer Massenspektren als Norpimarane bzw. Sandaracopimaran identifiziert werden. Weitere, kleinere Peaks konnten zwar leider nicht genau identifiziert werden, ihre Massenspektren zeigten jedoch, dass vier von ihnen mit Inhaltsstoffen des Köflachit bzw. Duxit identisch sind.

Wir haben es also beim Ixolyt mit einem Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe zu tun; aufgrund des Hauptbestandteiles kann man ihn – zusammen mit Hartit, Jaulingit, Köflachit, etc. – der „Phyllocladangruppe“ zuordnen.

7. Gewinnung und Verarbeitung fossiler Harze in Österreich

Von einer – einstigen - Gewinnung fossiler Harze („Bernstein“) auf dem Staatsgebiet des heutigen Österreich kann wohl nicht wirklich ernsthaft gesprochen werden: nur ganz

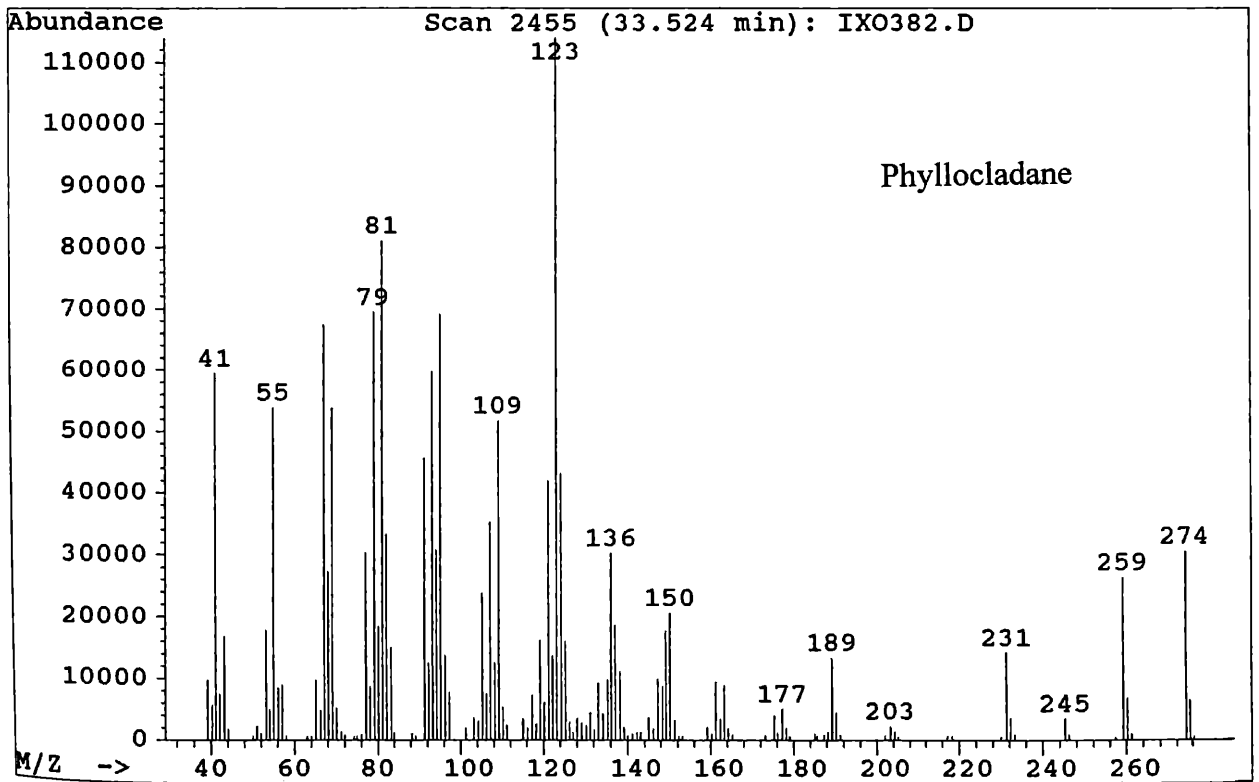
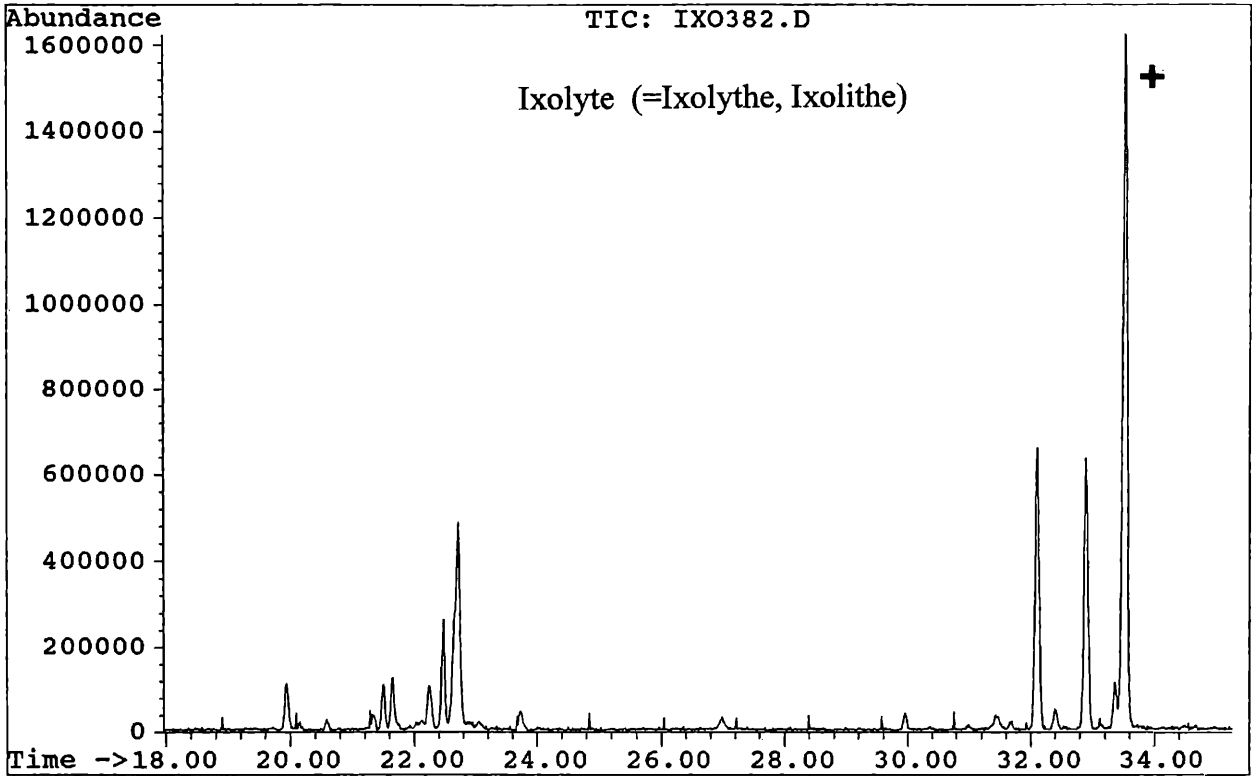


Abbildung 6: Gaschromatogramm (Gesamtionenchromatogramm) einer methanolischen Lösung von Ixolyt aus Oberhart bei Gloggnitz, Niederösterreich. Material: Mineralog. Sammlung des Naturhistorischen Museums Wien, Inv. Nr. 1844.II.54 („Typusmaterial“!). Abszisse: Retentionszeit, Ordinate: Ionenhäufigkeit. Der Peak bei 33,524 Min. Ist eindeutig der Hauptbestandteil: Phyllocladane. Experimentelles: siehe Abb. 1, Säulenlänge jedoch: 25 m.

Unten: Massenspektrum des Phyllocladans aus Ixolyt (gleiche Probe wie für Gaschromatogramm); Abszisse: Massenzahl, Ordinate: Ionenhäufigkeit. Experimentelles: siehe Angaben bei Abb. 1.

vereinzelte, diesbezügliche Hinweise sind dem Verfasser im Laufe der Jahre untergekommen. Eine dieser Informationen betrifft das Fossile Harze aus den Roßfeldschichten der Unterkreide von Golling – Weitenau (Salzburg); hier wurde in den Jahren 1979 - 1982 offensichtlich sehr erfolgreich nach Harz gegraben. WINKLER (1999:57) berichtet von etwa 500-800 kg geborgenem Material und bringt auch ein Bild (WINKLER, Fig. 5) von diesem „Abbau“

In ganz bescheidenem Umfang wurde von Sammlern an der Fundstelle des Copalins von Gablitz (aufgelassener Steinbruch an der Südseite des Höbersbachtals) nach Copalin „geschürft“; noch vor wenigen Jahren waren die Spuren dieser Tätigkeit deutlich erkennbar. Aus dem Bereich der Flyschzone gibt es ferner eine kurze Erwähnung, dass im Bereich des Wienerwaldes u. a. auch auf Bernstein ein – vergeblicher – Bergbauversuch unternommen worden war (SCHMIDL, 1835: 187); aus dem Wienerwald wurde auch immer wieder von Erzabbau (sogar von Silbergewinnung!) berichtet – durchwegs Angaben, bei deren vorsichtiger Auswertung Tatsachen und sagenhafte Überlieferung nur schwer zu trennen sind (vgl. VÁVRA, 2004b).

Eine gewerbsmäßige Verarbeitung von Bernstein ist aus Österreich eigentlich nur im Zusammenhang mit der umfangreichen Produktion von Rauchrequisiten im „Alten Wien“ bekannt (VÁVRA, 1996b); zur Verarbeitung gelangte neben dem Succinit des Baltikums später auch der Pressbernstein („Ambroid“) und – in seltenen Fällen – der Rumänit aus Rumänien.

In Österreich gefundene fossile Harze wurden m. W. nur in höchst bescheidenem Umfang verarbeitet, der wohl nie den Bereich eines Hobbys überschritten haben dürfte. Als Beispiel möge ein Handspiegel erwähnt sein, der dem Verfasser vor vielen Jahren einmal gezeigt wurde, dessen Rahmen mit kleinen Stücken des Gablitzer Copalins besetzt war; wesentlich mehr Material dürfte jedoch von dem Harz aus Golling für kleinere kunstgewerbliche Arbeiten Verwendung gefunden haben. Derlei Objekte waren fallweise in Österreich auf Ausstellungen zu sehen. Bei EXEL (1993:157) findet sich gleichfalls ein diesbezüglicher Hinweis.

8. Ergebnisse, Diskussion und Schlussfolgerungen

Überblickt man die bisher bekannt gewordenen Funde fossiler Harze aus Österreich, so läßt sich feststellen, daß sie sowohl hinsichtlich ihrer Altersstellung (Trias – Neogen) als auch – vermutlich – bezüglich ihrer pflanzlichen Herkunft eine bemerkenswerte Vielfalt aufweisen. Konkret konnte bisher durch den Nachweis von Amyrinen für den Rosthornit Kärntens eine Herkunft von Angiospermen (vmtl. Burseraceae) bewiesen werden; eine Reihe von Arbeiten machten für das mengenmäßig bedeutendste fossile österreichische Harz – das Material aus den Roßfeldschichten (Unterkreide) von Golling bei Salzburg eine Herleitung von Araukarien wahrscheinlich.

Versucht man, die österreichischen Funde im Rahmen jener Vorstellungen zu sehen, wie man sie heute für die

Bildung fossiler Harze annimmt, so ergibt sich etwa folgendes Gesamtbild:

Terpene zählen zu jenen Chemofossilien, die durch ihre relativ stabilen Kohlenwasserstoffgerüste ein hohes Fossilisationspotential haben. Bereits ab dem Präkambrium liegen Angaben über entsprechende „Biomarker“-Funde vor; unter aeroben Bedingungen kommt es zur Polymerisation bestimmter Harzsäuren und damit zur Bildung von „polymer backbones“ Wie derlei Polymere aufgebaut sein dürften wurde in jüngerer Zeit vor allem von AARSEN (siehe z.B. AARSEN & LEEUW, 1992) näher untersucht. Niedermolekulare Inhaltsstoffe fossiler Harze kommt dabei wohl eine Funktion zu, die den Weichmachern (= „plasticizers“) der Kunststoffe entspricht. Die Bedeutung fossiler Terpene und auch von fossilen Harzen als Vorläufer bei der Bildung bestimmter Komponenten fossiler Energieträger ist in der Organischen Geochemie heute wohl allgemein akzeptiertes Wissensgut. Damit erhält die Bearbeitung des Chemismus fossiler Harze („Bernstein“) zusätzliche, praxisbezogene Aspekte. Unter anaeroben Bildungsbedingungen nimmt die Diagenese jedoch einen anderen Verlauf: es entstehen Kohlenwasserstoffgemische oder es kommt fallweise sogar zur Abscheidung weitgehend reiner organischer Verbindungen (z.B. Hartit = α -Phyllocladan).

Unter den Funden aus Österreich wären Copalin, Rosthornit sowie das Harz aus Golling Beispiele für fossile Harze unterschiedlicher pflanzlicher Herkunft. Köflachit, Jaulingit und Ixolyt sind drei Beispiele für Kohlenwasserstoffgemische, wobei Ixolyt und Jaulingit durch die klare Dominanz von Phyllocladan dem Hartit sehr nahe stehen. In einzelnen Fällen (z. B. Hartin) ist die Frage, ob es sich überhaupt um ein Harz handelt, noch unbeantwortet.

9. Danksagung

Der Verfasser ist dem Institut für Mineralogie und Kristallographie der Universität Wien (bsd. Dr. M. Götzinger) für die großzügige Entlehnung von zahlreichen Proben fossiler Harze und anderer organischer Minerale sowie Herrn Prof. A. Beran und Herrn Dr. D. Voll für die Aufnahme von Infrarotspektren zu großem Dank verpflichtet. Großen Dank schuldet der Verfasser auch der Mineralogisch-Petrographischen Abteilung am Naturhistorischen Museum Wien, sowie der Joanneum Research (Graz, Dr. W. Postl) für die Möglichkeit, verschiedenste authentische Proben zu bearbeiten. Für die Überlassung einer ganzen Reihe wichtiger Einzelproben sei an dieser Stelle auch noch folgenden Herren der herzlichste Dank ausgesprochen: Prof. Dr. F. Ebner (Montanuniversität Leoben), Dr. F. Rögl (Straßhof), Mag. M. Svojtka (Wien) und nicht zuletzt einer ganzen Reihe von Sammlern, die mir im Laufe der Jahre Proben zur Verfügung gestellt haben. Herr F. Hausmann (Wien, †), Herr G. Fischer (Salzburg), Herr Zima (Salzburg) und Herr M. Wank (Wolfsberg) seien hier vor allem erwähnt. Für Hinweise über das Vorkommen fossiler Harze in Gosauablagerungen sowie für die Überlassung entsprechendem Probenmaterials ist der Verfasser Herrn A. Aichinger (Ternberg) zu großem Dank verpflichtet.

10. Literaturverzeichnis

- AARSEN, B.G.K. v. & LEEUW, J.W. DE., 1992. High-molecular-mass substances in resinates as possible precursors of specific hydrocarbons in fossil fuels. — *Advanc. Org. Geochem.*, **19** (4-6):315–326, Paris.
- ALEXANDER, G., HAZAI, I., GRIMALT, J. & ALBAIGÉS, J., 1987. Occurrence and transformation of phyllocladanes in brown coals from Nograd Basin, Hungary. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **51**:2065–2073, London.
- BACHMAYER, F., 1962. Fossile Pilzhyphen im Flyschharz des Steinbruches im Höbersbachtal bei Gablitz in Niederösterreich. — *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **65**: 47–49, Wien.
- BACHMAYER, F., 1968. Ein bemerkenswerter Fund: *Myrica* – Früchte im Flyschharz. — *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **72**:639–643, Wien.
- BACHMAYER, F., 1973. Ein *Myrica* (?)–Blatt im Flyschharz. — *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **77**:59–62, Wien.
- BACHMAYER, F., SCHULZ, E., HENNIG, W. & MARASPIN, D., 1978. Ein bemerkenswerter Insektenrest im fossilen Harz des Glaukonitsandsteines (Eggenburgien) der Aufschlußbohrung „Herzogbirbaum 1“ (Niederösterreich). — *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **81**:113–120, Wien.
- BANDEL, K. & VÁVRA, N., 1981. Ein fossiles Harz aus der Unterkreide Jordaniens. — *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, **1981**:19–33, Wien.
- BERGER, W., 1952. Bernstein in Niederösterreich. — *Natur und Technik*, 6. Jgg. (**9**):241–242, Wien.
- BORKENT, A., 1997. Upper and Lower Cretaceous Biting Midges (Ceratopogonidae: Diptera) from Hungarian and Austrian Amber and the Koonwarra Fossil Bed of Australia. — *Stuttgarter Beitr. Naturkunde, B*, **249**:10 S., Stuttgart.
- BOU KA, V., ČISAŘOVÁ, I., SKÁLA, R., DVOŘÁK, Z., ZELINKA, J. & ZÁK, K., 1998. Hartite from Bílina. — *Amer. Mineralogist*, **83**:1340–1346, Washington.
- BRACKMAN, W., SPAARGAREN, K., VAN DONGEN, J.P.C.M., COUPERUS, F. A. & BAKKER, F., 1984. Origin and structure of the fossil resin from an Indonesian Miocene coal. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **48**:2483–2487, London.
- BRIGGS, L.H., 1937. The identity of dihydrophyllocladen with iosene. — *J. Chem. Soc.*, 1937: 1035 – 1036.
- BRUNLECHNER, A., 1884. Die Minerale des Herzogthums Kärnten. — 130 S., Klagenfurt (Kleinmayr).
- CRONQUIST, A., 1992. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. — 1262 S., New York (Columbia University Press).
- DAMMER, B. & TIETZE, O., 1928. Die Nutzbaren Mineralien mit Ausnahme der Erze und Kohlen. II. Band. — XV + 785 S., Stuttgart (Enke).
- DANA, E. S., 1892. The System of Mineralogy of James Dwight DANA 1837–1868. Descriptive Mineralogy. 6. Aufl. — 1134 S., New York (Wiley & Sons).
- DOELTER, C., 1878. Ueber ein neues Harzvorkommen bei Köflach. — *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, **1877**:93–96, Graz.
- EXEL, R., 1993. Die Mineralien und Erzlagerstätten Österreichs. — 447 S., Wien (Eigenverlag).
- FAUPL, P. & TOLLMANN, A., 1979. Die Roßfeldschichten: Ein Beispiel für Sedimentation im Bereich einer tektonisch aktiven Tiefseerinne aus der kalkalpinen Unterkreide. — *Geol. Rdsch.* **68**:93–120, Berlin.
- FISCHER, G., 1982. Harzfunde aus der Unterkreide von Golling, Salzburg. — *Pyrit*, **2**:14–16, Steyr.
- FRONDEL, J.W., 1967. X-Ray Diffraction Study of fossil Elemis. — *Nature*, **215**:1360–1361, London.
- FRONDEL, J.W., 1969. Fossil *Elemis* Species Identified by Thin-Layer Chromatography. — *Naturwissenschaften*, **5**:280, Berlin.
- GÖTZINGER, G., 1949–1951. Neue Funde von Fossilien und Lebensspuren und die zonare Gliederung des Wienerwaldflysches. — *Jb. Geol. Bundesanst. (Festband 94)*:223–272, Wien.
- GRADSTEIN, F., OGG, J. & SMITH, A., 2004. A Geologic Time Scale 2004. — 589 S., Cambridge (Cambridge University Press).
- GRIMALT, J.O., ALEXANDER, G., HAZAI, I. & MINK, G., 1990. The Isomerization and Aromatization of 16 α (H)-Phyllocladane in Sedimentary Environments. — *Naturwiss.*, **77**:534–536, Berlin.
- GRÖBNER, S.M., 1998. Chemische Untersuchung von Flysch- und Gosauharzen mittels GC–MS. — 45 S., unveröff. Diplomarbeit, Univ. Wien.
- HADINGER, W., 1841. Ueber den Hartit, eine neue Species aus der Ordnung der Erdharze. — *Ann. Phys. Ch.*, **54**:261–265, Leipzig.
- HADINGER, W., 1842. Ueber den Ixolyt, ein Mineral aus dem Geschlecht der Erdharze. — *Ann. Phys. Ch.*, **56**:345–348, Leipzig.
- HADINGER, W., 1849. — *Sitzg. Ber. k. Akad. Wiss. Wien*, **2**:239, Wien.
- HATLE, E., 1885. Die Minerale des Herzogthums Steiermark. — 212 S., Graz (Leuschner & Lubensky).
- HECK, G., 1999. Py-GC-Analysen zur Unterscheidung von Bernstein. — *Berliner Beitr. Archäometrie*, **16**:211–240, Berlin.
- HEGNAUER, R., 1962. Chemotaxonomie der Pflanzen, Band 1, Thallophyten, Bryophyten, Pteridophyten und Gymnospermen. — 517 S., [in:] *Chemische Reihe*, 14, Basel, Stuttgart (Birkhäuser).
- HELM, O., 1881. Glessit, eine neues in Gemeinschaft von Bernstein vorkommendes Harz. — *Schr. naturforsch. Ges. Danzig*, **5** (1/2):291–293, Danzig.
- HEY, M.H., 1950. An index of Mineral Species & Varieties arranged chemically. 1. Aufl. — XXIV + 609 S., London (British Museum).
- HEY, M.H., 1962. An index of Mineral Species & Varieties arranged chemically. 2. Aufl. — XXIV + 728 S., London (British Museum).
- HINTZE, C., 1933. Handbuch der Mineralogie. Band 1, Abtlg. 4, 2. Hälfte, — 721–1454, Berlin, Leipzig (W. de Gruyter).
- HÖFER, H., 1871. Studien aus Kärnten. I. Rosthornit, ein neues fossiles Harz. — *N. Jb. Miner. Geol. Paläont.*, **1871**:561–566, Stuttgart.

- HORNUNG, N., 1877. zitiert in SIGMUND (1937).
- JOHNSTON, F.W., 1839. – London Edinburgh philos. Mag., 14: 87 – 91.
- KENNGOTT, G.A., 1856. Ueber den Piauzit von Tüffer und den Hartit von Rosenthal in Steiermark. — Jb. k. k. Geol. Reichsanst., 7:91–95, Wien.
- KILLOPS, S. D. & KILLOPS, V.J., 1993. An Introduction to Organic Geochemistry. — 265 S., New York (Longman & Wiley).
- KLAUS, W., 1987. Einführung in die Paläobotanik. Fossile Pflanzenwelt und Rohstoffbildung. Band I. Grundlagen – Kohlebildung – Arbeitsmethoden/Palynologie. — 314 S., ill., Wien (Deuticke).
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ, B., KRUMBIEGEL, G. & VÁVRA, N., 1993. Glessit, ein tertiäres Harz von Angiospermen der Familie Burseraceae. — N. Jb. Geol. Paläont., 187 (3):299–324, Stuttgart.
- MACHATSCHKI, F., 1924. Über die Kristallform des Josens $C_{18}H_{30}$. — Z. Kristallographie, 60:130–133, München.
- MEIXNER, H., 1950. Über „steirische“ Mineralnamen. — Der Karinthin, 11:242 ff., Knappenberg.
- MEIXNER, H., 1957. Die Minerale Kärntens. I. Teil, Systematische Übersicht und Fundorte. — Carinthia II, Sonderheft 21, 147 S., Naturwiss. Ver. Kärnten, Klagenfurt.
- NEUMÜLLER, O.-A., 1979 – 1988. Römpps Chemie-Lexikon. 8. Aufl. — 4.835 S., Stuttgart (Franckh'sche Verlagshandlung).
- NIEDZWIEDZKI, J., 1871. Trinkerit von Gams bei Hief-lau in Steiermark. — Vh. k. k. Geol. Reichsanst., 1871:132–133, Wien.
- NIEMTSCHIK, R., 1870. Ueber einige Mineralvorkommen in Steiermark. I. Ueber ein Harz aus den Kohlenrevieren von Voitsberg, Köflach, Lankowitz, Oberdorf und Piber. — Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 2 (1):113–115, Graz.
- OTTO, A., WALTHER, H. & PÜTTMANN, W., 1997. Sesqui- and diterpenoid biomarkers preserved in *Taxodium*-rich Oligocene oxbow lake clays, Weissenlöhler basin, Germany. — Org. Geochem., 26 (1/2):105–115, Oxford, Frankfurt.
- PACLT, J., 1953. A System of Caustolites. — Tschermarks min. petrolog. Mitt., 3 (4):332–347, Wien.
- PAULITSCH, P., 1951. Harz aus der Kohle von Görtschitztal. — Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, 79/80:170–171, Graz.
- PHILP, R.P., 1985. Fossil Fuel Biomarkers. Application and Spectra. — 294 S., [in:] Methods in Geochemistry and Geophysics, 23, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo (Elsevier).
- POINAR, G.O., jr., 1992. Life im Amber. — 350 S., California (Stanford).
- REDLICH, K.A., 1905. Die Geologie des Gurk- und Gört-schitztales. — Jb. k. k. Geol. Reichsanst., 55:327–348, Wien.
- REUSS, A.E., 1851. Bernstein in Oesterreich. — Lotos, Z. Natur-Wiss., 1:199–202, Prag.
- ROLLE, F., 1856. Die tertiären und diluvialen Ablagerungen in der Gegend zwischen Graz, Köflach, Schwanberg und Ehrenhausen in Steiermark. — Jb. k. k. Geol. Reichsanst., 7:35–602, Wien.
- ROSTHORN, F.V. & CANAVAL, J.L., 1853. Beiträge zur Mineralogie und Geognosie von Kärnten. — Jb. Naturhistor. Landesmus. Kärnten, 2:113–176, Klagenfurt.
- ROTLÄNDER, R. & MISCHER, G., 1970. Fossil-Lagerstätten, Nr.11: Chemische Untersuchungen an libanesischem Unterkreide-Bernstein. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1970:668–673, Stuttgart.
- RUMPF, J., 1869. Ueber den Hartit aus der Kohle von Oberdorf und den angrenzenden Gebieten von Voitsberg und Köflach in Steiermark. — Sitzg. ber. k. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., 60 (2):91–100, Wien.
- RUMPF, J., 1870. Mineralogische Notizen aus dem steierm. Landes-Museum. Ueber neuere Mineralfunde im tertiären Kohlenbecken von Voitsberg-Lankowitz. 1. Ein flüssiges Harz aus der Kohle. 2. Hartit aus der Kohle. 3. Rotheisenkugeln aus dem Hangendthone. 4. Siderit in der Kohle. 5. Quarzdrusen in der Kohle. — Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, 1870:204–214, Graz.
- SAVKEVITCH, S.S., 1981. Physical Methods Used to Determine the Geological Origin of Amber and Other Fossil Resins; Some Critical Remarks. — Phys. Chem. Minerals, 7:1–4, Berlin, Heidelberg, etc.
- SCHLEE, D., 1984a. Notizen über einige Bernsteine und Kopale aus aller Welt. — 29–37, Taf. 6–9, — [in:] SCHLEE, D. (Hrsg.): Bernstein-Neuigkeiten (= Stuttgarter Beitr. Naturkunde, Ser. C, Heft 18), 100 S., Stuttgart (Staatl. Mus. Naturkunde).
- SCHLEE, D., 1984b. Besonderheiten des Dominikanischen Bernsteins. — 63–71, Taf. 12–24, — [in:] SCHLEE, D. (Hrsg.): Bernstein-Neuigkeiten (= Stuttgarter Beitr. Naturkunde, Ser. C, Heft 18), 100 S., Stuttgart (Staatl. Mus. Naturkunde).
- SCHLEE, D., 1985. Der Österreichische Bernstein von Golling. — Goldschmiede Ztg., 8/85:70–73, Stuttgart.
- SCHLEE, D., 1990. Das Bernstein-Kabinett. Begleitheft zur Bernsteinausstellung im Museum am Löwentor, Stuttgart. (= Stuttgarter Beitr. Naturkunde, Ser. C, 28). — 100 S., Stuttgart (Staatl. Mus. Naturkunde).
- SCHMIDL, A., 1835. Wien's Umgebungen auf zwanzig Stunden im Umkreise. 1. Band. — 187 S., Wien (Gerold) [Reprint 2002, Wien, (Archiv Verlag)].
- SCHRÖCKINGER, J., 1875. Ein neues fossiles Harz aus der Bukowina. — Verh. k. k. Geol. Reichsanst., 1875:134–139, Wien.
- SCHRÖTTER, A., 1843. Ueber mehrere in den Braunkohlen- und Torflagern vorkommende harzige Substanzen, und deren Verhältniss zu einigen Harzen noch lebender Pflanzen. — Ann. Phys. Ch., 59:37–76, Leipzig.
- SIGMUND, A., 1918. Neue Mineralfunde in der Steiermark. Mitteilungen aus der mineralogischen Abteilung des steiermärkischen Landesmuseums Joanneum in Graz. VIII. Bericht. — Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, 54:225–234, Graz.
- SIGMUND, A., 1937. Die Minerale Niederösterreichs. — 210 S., Deuticke, Wien.

- SOLTYS, A., 1929. Über das Josen, einen neuen Kohlenwasserstoff aus steirischen Braunkohlen. — *Mh. Chem.*, **53-54**:175–184, Wien.
- STARKL, G., 1883. Ueber neue Mineralvorkommnisse in Oesterreich. I. Copalin von Hütteldorf bei Wien. — *Jb. K. K. Geol. Reichsanst.*, **33**:635–638, Wien.
- STEINHAUSER, W., 1998. Meine Heimat. Heimatbuch der Gemeinde Gams. — 312 S., Gemeinde Gams bei Hieflau.
- STEININGER, F., 1998. The Early Miocene Lignite Opencast Mine of Oberndorf N Voitsberg (Styria, Austria): A Multidisciplinary Study. — *Jb. Geol. Bundesanst.*, **140** (4):397–402, Wien.
- STEININGER, F., RÖGL, F., HOCHULI, P. & MÜLLER, C., 1988/89. Lignite deposition and marine cycles. The Austrian Tertiary lignite deposits - A case history. — *Sitzg. ber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I*, **197** (5-10):309–332, Wien.
- STRASSER, A., 1968. Über den Neufund eines fossilen Harzes in der Weitenau bei Golling/Salzburg. — *Aufschluß*, **19** (1):17, Heidelberg.
- STRASSER, A., 1989. Die Minerale Salzburgs. — 348 S., Salzburg (Druckhaus Salzburg).
- STREIBL, M. & HEROUT, V., 1969. Terpenoids – Especially Oxygenated Mono-, Sesqui-, Di-, and Triterpenes. p. 401–424, — [in:] EGLINTON, G. & MURPHY, M.T.J. (Hrsg.): *Organic geochemistry. Methods and Results.* — 828 S., Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- STREIBL, M., KRISTIN, M., KRUPCIK, J. & STRANSKY, K., 1972. Investigations of the chemical composition of Novaky brown coal. VI. On the chemical composition of brown coals. XII Occurrence of phyllocladane (iosene) in Slovakian lignite. — *Ann. Real Soc. Esp. Fis. Quim., QUIMICA*, **68**:879–882, Madrid.
- STREIBL, M., VAŠIČKOVÁ, S., HEROUT, V. & BOUŠKA, V., 1976. Chemical composition of Cenomanian fossil resins from Moravia. — *Coll. Czechoslov. Chem. Commun.*, **41**:3138–3145, Prag.
- SZYKUŁA, J., HEBDA, C., ORPISZEWSKI, J., AUCHHOLZ, R. & SZYNKIEWICZ, A., 1990. Studies on Neutral Fraction of Baltic Amber. — *Prace Muzeum Ziemi*, **41**:15–20, Warschau.
- TAUCHER, J. & HOLLERER, CH., E., 2001. Die Mineralien des Bundeslandes Steiermark in Österreich. 2 Bde. — p. 1–956 + 1–1124, Graz (Hollerer).
- TSCHERMAK, G., 1870. Ueber den Trinkerit. — *Jb. k. k. geol. Reichsanst.*, **20**:279–281, Wien.
- TSCHIRCH, A. & STOCK, E., 1935-1936. Die Harze. Die botanischen und chemischen Grundlagen unserer Kenntnisse über die Bildung, Entwicklung und Zusammensetzung der pflanzlichen Sekrete. — 1:418 S., 2:1858 S., Berlin (Gebrüder Bornträger).
- UNGER, F., 1852. Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt. — XVI + 374 S., ill., Wien (Braumüller).
- VÁVRA, N., 1982. Bernstein und andere fossile Harze. — *Z. dt. Gemmol. Ges.*, Jg. **31**, (4):213–254, Idar-Oberstein.
- VÁVRA, N., 1984. "Reich an armen Fundstellen": Übersicht über die fossilen Harze Österreichs. — [in:] SCHLEE, D. (Hrsg.): *Bernstein-Neuigkeiten*, Stuttgarter Beitr. Naturkunde, Ser. C, **18**:9–14, Stuttgart.
- VÁVRA, N., 1992. Analyse einiger organischer Mineralien der Steiermark mittels kombinierter Kapillargaschromatographie/Massenspektrometrie. — *Mitt. Österr. Min. Ges.*, **137** (1991):216–218, Wien.
- VÁVRA, N., 1993. Organische Mineralien aus der Steiermark, I. (Hartit, Köflachit, Retinit, Trinkerit). — *Matrix Miner. Nachr. Österr.*, **2**:24–38, Graz.
- VÁVRA, N., 1996a. Fossile Harze aus dem alpinen Mesozoikum. p. 351–356, — [in:] GANZELEWSKI, M. & SLOTTA, R. (Hrsg.): *Bernstein – Tränen der Götter.* — 584 S., Bochum (Deutsches Bergbau-Museum).
- VÁVRA, N., 1996b. Bernstein und Bernsteinverarbeitung im „Alten Wien“ p. 483–492, — [in:] GANZELEWSKI, M. & SLOTTA, R. (Hrsg.): *Bernstein – Tränen der Götter.* — 584 S., Bochum (Deutsches Bergbau-Museum).
- VÁVRA, N., 1998a. Phyllocladan, Simonellit und andere Chemofossilien aus Kohleproben des Korneuburger Beckens (Karpat, Miozän, Niederösterreich). — *Beitr. Paläont.*, **23**:57–65, Wien.
- VÁVRA, N., 1998b. Chemofossils („Biological Markers“) from the Early Miocene Lignite Opencast Mine Oberdorf (N Voitsberg, Styria, Austria). — *Jb. Geol. Bundesanst.*, **140** (4):441–445, Wien.
- VÁVRA, N., 1999. Fossil resins from Austria: biomarkers detected in Rosthornite (Eocene, Carinthia), Köflachite (Miocene, Styria) and a resin from the Lower Cretaceous of Salzburg. p. 219–230, — [in:] KOSMOWSKA-CERANOWICZ, B. & PANER H. (Hrsg.): *Investigations into Amber. Proceedings of the International Interdisciplinary Symposium: Baltic amber and Other Fossil Resins 997 Urbs Gyddanyzc – 1997 Gdańsk, 2-6 September 1997, Gdańsk.* — 285 S., Gdańsk (Archaeological Museum in Gdańsk, Museum of the Earth, Polish Academy of Sciences).
- VÁVRA, N., 2004a. Some „amber-like“ organic minerals – a critical review of their chemistry and mineralogy. — *Prace Muzeum Ziemi*, **47**:9–15, Warschau.
- VÁVRA, N., 2004b. Das Kahlenbergerdorf – eine ehemalige Bergknappensiedlung?, p. 121–124. — [in:] WITZMANN, R. (Hrsg.): *Magische Orte. Wiener Sagen und Mythen.* — 144 S., Wien (Museen der Stadt Wien).
- VÁVRA, N. & VYČUDILIK, W., 1976. Chemische Untersuchungen an fossilen und subfossilen Harzen. — *Beitr. Paläont. Österr.*, **1**:121–135, Wien.
- WEBER, L. & WEISS, A., 1983. Bergbaugeschichte und Geologie der österreichischen Braunkohlenvorkommen. — *Arch. Lagerstättenforsch. Geol. Bundesanst.*, **4**:1–317, Wien.
- WEITSCHAT, W. & WICHARD, W., 1998. Atlas der Pflanzen und Tiere im Baltischen Bernstein. — 256 S., München (Pfeil).
- WELLER, M. & WERT, CH., 1984. Neue physikalische Untersuchungen zur Struktur der Moleküle im Bernstein. p. 85–100. — [in:] SCHLEE, D. (Hrsg.): *Bernstein-Neuigkeiten (= Stuttgarter Beitr. Naturkunde, Ser. C, 18, 100 S.)*.
- WINDHOLZ, M., BUDAVARIS, S., STROUMTSOS, L. Y. & FERIG,

- M.N., 1976. The Merck Index. An encyclopedia of chemicals and drugs. — 1313 S., Rathway, N. J., USA (Merck & Co.).
- WINKLER, W., 1999. Fossil resins (amber) and their sedimentological environment. New investigation methods and their application in mineralogy, gemology, archaeometry and industry. — 297 S., Diss., Univ. Salzburg.
- WINKLER, W., 2003. Eine Mineralogische Besonderheit aus dem Lammertal, Salzburg/Österreich – Fossile Harze aus der Unterkreide. A mineralogical speciality from Lammer valley, Salzburg/Austria – fossil resin from the Lower Cretaceous. p. 337–342. — [in:] WEIDINGER, J.T., LOBITZER, H. & SPITZBART, I. (Hrsg.): Beiträge zur Geologie des Salzkammerguts (Contributions to the Geology of the Salzkammergut Region, Austria). (= Gmundner Geo-Studien 2), 460 S., Gmunden (Weidinger, Erkudok@Institut).
- WINKLER, W., KIRCHNER, E.Ch., MUSSO, M. & ASENBAUM, J.A., 1998. Untersuchungen an fossilen und rezenten Harzen mittels Raman-Spektroskopie. — Mitt. Österr. Miner. Ges., **143**:398–401, Wien.
- WINKLER, W., KIRCHNER, E. CH., MUSSO, M. & ASENBAUM, A., 2000. Maturation processes of natural resins – a possible way of illustration., p. 939–942. — [in:] RAMMLMAIR, D., MEDERER, J., OBERTHÜR, Th., HEIMANN, R.B. & PENTINGHAUS, H. (Hrsgb.): Applied mineralogy – in Research, Economy, Technology, Ecology and Culture. Proceedings of the 6th international congress ICAM 2000, 13. – 21. July 2000, Göttingen, Rotterdam (Balkema).
- WINKLER, W., KIRCHNER, E. CH., ASENBAUM, A. & MUSSO, M., 2001. A Raman spectroscopic approach to the maturation process of fossil resins. — J. Raman Spectroscopy, **32**:59–63, Chichester.
- ZEPHAROVICH, V. R. v., 1853. Die Fossilreste von Mastodon angustidens aus der Jauling nächst St. Veit an der Triesting. — Jb. Geol. Reichsanst., **4**. Jg.:711–715, Wien.
- ZEPHAROVICH, V.R. v., 1855. Jaulingit, ein neues fossiles Harz aus der Jauling nächst St. Veit a.d. Triesting in Nieder-Österreich. — Sitzg.ber. k. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., **16**:366–370, Wien.
- ZEPHAROVICH, V.R. v., 1859-1893. Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Österreich. — Bd.1(1859): 627 S., Bd.2 (1873): 436 S., Bd.3 (1893): 478 S., Wien (Braumüller bzw. Tempsky).
- ZETTER, R., 1988. Bemerkungen zur Mikroflora der Kohleschichten im Bereich der südburgenländischen Schwelle. — Biologische Forschungsstation Burgenland-Ber., **68**:159–166, Illmitz.