

Retinit im mittleren Geiseltal und in Nordwestsachsen

Mit 6 Abbildungen

ROLAND WIMMER, HORST GALLE & EWA WAGNER-WYSIECKA

Abstract

WIMMER, R.; GALLE, H. & WAGNER-WYSIECKA, E.: Retinit in the middle Geiseltal and in Northwest Saxony

Historic fossil resin finds, known as Retinit, from brown coal deposits in Northwest Saxony and from the Geisel valley are described. The fossil resin samples were analyzed by infrared spectrometer. The comparison of the spectra with reference spectra shows that both resin samples are a retinit-type fossil resin, the oxidated Krantzite (Oxikrantzite).

Keywords: Tertiary, Geiseltal, Northwest Saxony, Retinit, Infrared spectroscopy

Kurzfassung

Es werden historische fossile Harzfunde, bekannt unter dem Namen Retinit, aus ehemaligen Braunkohlenvorkommen in Nordwestsachsen und dem Geiseltal beschrieben. Die Harzproben aus dem Geiseltal wurden mittels Infrarotspektrometer untersucht. Der Vergleich der Spektren mit Referenzspektren zeigt, dass es sich bei den „historischen“ Harzproben um ein Harz vom Retinit-Typ, den oxidierten Krantzit (Oxikrantzit), handelt.

Schlüsselwörter: Tertiär, Geiseltal, Nordwestsachsen, Retinit, Infrarotspektroskopie

1 Historie

Das Geiseltal mit seinem bis 200 m mächtigen Tertiär war in der Vergangenheit vielfach Gegenstand geologischer Untersuchungen, die besonders vom Geologisch-paläontologischen Institut der Martin-Luther-Universität Halle angeregt worden waren. So wurden von diesem Institut im Laufe der Jahre auch zahlreiche Diplomarbeiten vergeben, die sich in der Regel mit feinstratigraphischen Flözinventarisierungen und -kartierungen beschäftigten. Dabei wurden auch die organischen und anorganischen Einlagerungen beschrieben. Großen Verdienst erwarb sich bei der Betreuung vieler dieser Arbeiten der Kustos des Geiseltalmuseums Herr MuR. Dr. Günter Krumbiegel, der – selbst detailversessen –, die Diplomanden zur akribischen Erfassung auch von vermeintlichen Nebensächlichkeiten anhielt. Er selbst widmete sich schon sehr früh der Erforschung fossiler Harze in den

Braunkohlenvorkommen Mitteldeutschlands und regte auch die von ihm betreuten Diplomanden an, das Vorkommen und die Verbreitung dieser zu dokumentieren. So finden sich auch in der Diplomarbeit von GALLE (1962, 1964) zahlreiche Hinweise zum Retinit-Vorkommen im mittleren Geiseltal. Zur Zeit der Feldarbeiten war die Kohle des mittleren Geiseltales in den damaligen Tagebauen Neumark-Süd und Pfännerhall aufgeschlossen (zur Lage der Tagebaue vgl. Abb. 1).

Die miozänen Kohlenflöze (Lutet) gliederten sich durch Zwischenmittel getrennt in Unterkohle, untere Mittelkohle, obere Mittelkohle und Oberkohle. In der Unterkohle konnte in Neumark-Süd kein Retinit nachgewiesen werden, während im Tagebau Pfännerhall solcher in den dunkelbraunen Kohlenstraten vereinzelt auftrat.

In der unteren Mittelkohle in Neumark-Süd trat er häufig in den braunen und dunkelbraunen Kohlen auf. In den hellen, grau- bis hellbraunen Bändern war er seltener und erschien eingeschwemmt. In Pfännerhall fand er sich als kleine Sprengel vor allem in braunen und dunkelbraunen Kohlen. Den makropetrographischen Beobachtungen nach war er in diesem Tagebau weniger häufig als in Neumark-Süd anzutreffen.

In der oberen Mittelkohle konnte Retinit im Tagebau Pfännerhall nicht gefunden werden. In Neumark-Süd kam er hingegen in kleinen Bröckchen in fast allen braunen und dunkelbraunen Kohlen vor. Besonders erwähnenswert sind über faustgroße Brocken, die in einer dunkelbraunen Kohlenstrate des Stoßprofils Nr. 46 in der Südostecke des Tagebaues Neumark-Süd (Riss-Nachtrag vom 01.07.1961) auftraten. Im Profil 20 (4. Kohleschnitt vom 14.06.1961) kamen kleine Stücke Retinit in Schnüren angereichert in einer braunen Kohle vor. In der Oberkohle fand sich Retinit nur im Tagebau Neumark-Süd in verschiedenen dunkelbraunen Kohleschichten in Spuren. Im Tagebau Pfännerhall war er nicht nachweisbar.

Fossile Harze sind in den Braunkohlen Nordwestsachsens bereits in der Fachliteratur des 19. Jahrhunderts genannt und beschrieben worden, rückten aber erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, insbesondere durch die Bernsteinfunde im Bitterfelder Revier, wieder in den wissenschaftlichen Fokus. Zu Ehren Dr. Günter Krumbiegels soll an einige historische Fundpunkte in Nordwestsachsen erinnert werden (vgl. auch GALLE 2018).

NAUMANN (1845: 161–163) beschreibt die Braunkohlen bei Colditz und Grimma und gibt den Hinweis: „Kleine Gypskristalle und Anflug von Eisenkies kommen häufig vor, selten Spuren von Bernstein.“

KLEMM (1870: 178–179) widmet sich der Braunkohle in der Feldmark von Beiersdorf und Seelingstädt und nennt auch Retinit: oft gelb, orange, ziegelrot in manchen Nadelholzstämmen. Das Alter der Kohlen in den kleinen isolierten Becken bei Colditz und Beiersdorf wird dem des Bitterfelder Flözkomplexes gleichgesetzt.

Bei Machern wurde Braunkohle beim Bau des Eisenbahneinschnittes der Bahnstrecke Leipzig – Wurzen – Dresden angetroffen (GEINITZ 1840: 23). Er beschreibt weiter: „Auch Bernstein ist in kleineren Stücken hier vorgekommen und aus der Nähe dieses Lagers ist mir der Fund eines mehr als faustgroßen Stückes als eine interessante Tatsache bekannt.“ Altersmäßig scheint dieses Kohlenflöz dem Bitterfelder Decktonflöz oder dem Flöz Düben zu entsprechen.

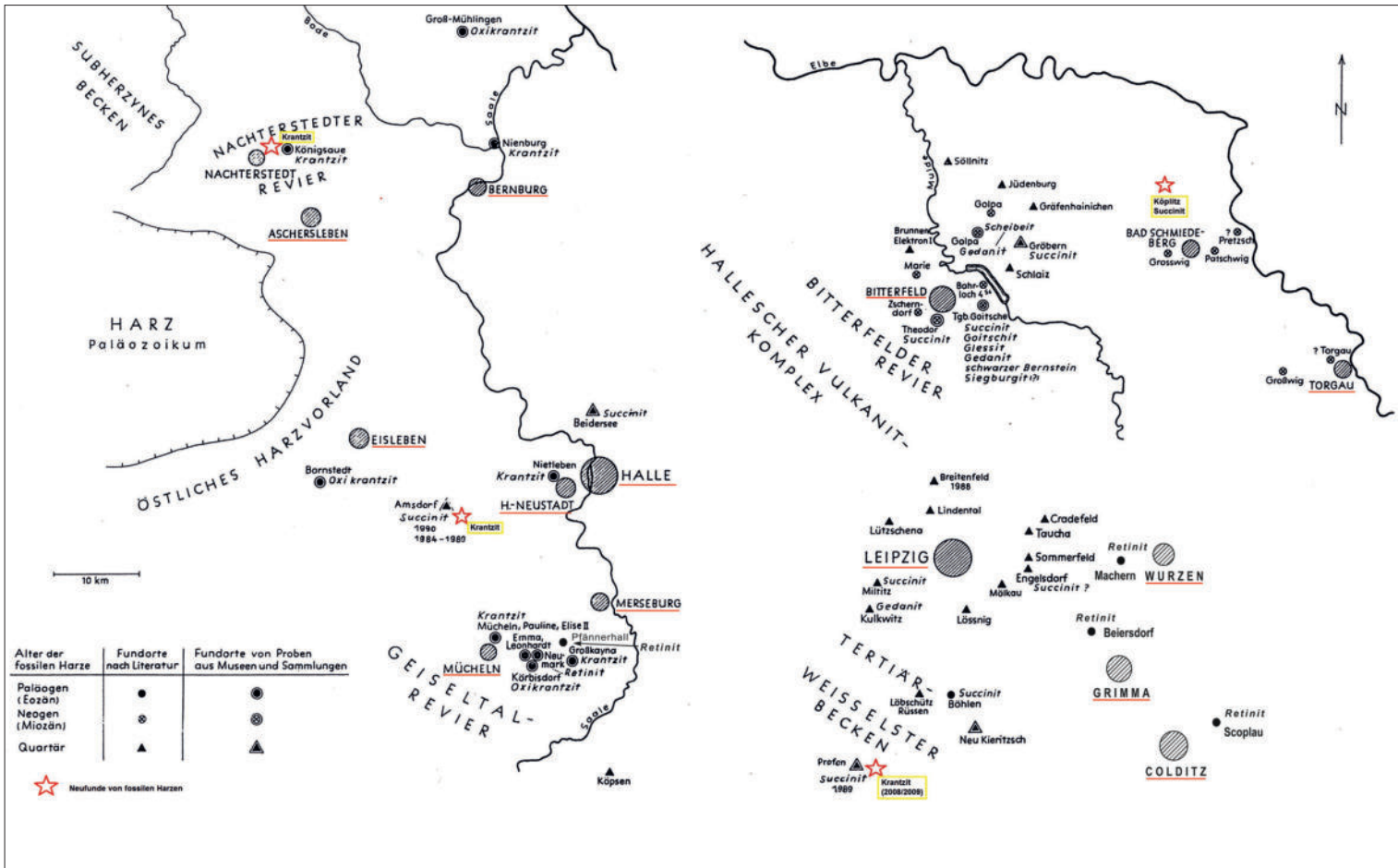


Abb. 1: Lage des Geiseltal-Reviers in Mitteldeutschland (Karte verändert nach KRUMBIEGEL & KOSMOWSKA-CERANOWICZ 1992).

2 Untersuchung eines fossilen Harzstückes aus dem ehemaligen Tagebau Neumark-Süd

Das fossile Harzstück stammt aus dem ehemaligen, im Braunkohlenrevier Geiseltal gelegenen Braunkohlentagebau Neumark-Süd. Es wurde bei feinstratigraphischen Flözkartierungen im Jahr 1962 in der oberen Mittelkohle (Mitteleozän) gefunden. Das $7,0 \times 6,0 \times 3,0$ cm große und 69,0 g schwere Harzstück besitzt eine matte, weißbraungraue Farbe. An älteren und frischen muschligen Bruchflächen zeigt es eine blass rotbraune Farbe. Es ist ein poröses und knöchriges fossiles Harz mit einem deutlichen Rindenabdruck und anhaftenden inkohlten Borkenresten. Auf der Oberfläche sind einzelne kleine, nur wenige Millimeter in das Harzstück hineinreichende Löcher und Furchen vorhanden, in denen sich noch inkohlte Pflanzenreste befinden (Abb. 2).

Die infrarot-spektroskopischen Untersuchungen erfolgten mittels einer Standard-Spektralphotometer-Software. Dabei wurde zur Erfassung der FT-IR-Spektren ATR (Diamantkristall) ein Nicolet iS10 FT-IR-Spektrometer verwendet. Die Auflösung betrug 4 cm^{-1} , die Anzahl der Scans 32. Die ATR-Spektren wurden einer erweiterten ATR-Korrektur unterzogen. Alle analysierten Spektren wurden auf die Grundlinie korrigiert und normiert.

Es wurden zwei FT-IR-Spektren an Proben von unterschiedlichen Stellen des untersuchten Stückes aus dem Braunkohlentagebau Neumark-Süd erfasst und analysiert. Beide Spektren (Abb. 3, Linien A und B) zeigen ein Muster, das durch das Vorhandensein von Absorptionsbanden gekennzeichnet ist, die für alle fossilen Harze typisch sind, nämlich eine starke Bande der aliphatischen CH_x -Verformung ($\nu\text{C-H}$) aus asymmetrischen und symmetrischen Schwingungen von Methyl- ($-\text{CH}_3$) und Methylen- ($-\text{CH}_2-$) Gruppen, die bei ~ 2940 bzw. $\sim 2870 \text{ cm}^{-1}$ liegen. Eine Bande mittlerer Intensität bei 1465 cm^{-1} entspricht den Deformationsschwingungen in der Ebene ($\delta\text{C-H}$) von Methyl- und Methylenresten. Das Dublettensignal bei 1384 und 1365 cm^{-1} lässt sich den Methylgruppen- ($\delta\text{C-H}$) Schwingungsbanden zuordnen. Bemerkenswert ist das Fehlen von deutlichen Banden, die ungesättigte Kohlenwasserstoffanteile charakterisieren: $\nu\text{C-H}$ ($3100\text{--}3000 \text{ cm}^{-1}$), $\nu\text{C=C}$ ($1690\text{--}1580 \text{ cm}^{-1}$) und $\gamma\text{R}2\text{C=CH}_2$ (Vinyliden) bei $\sim 888 \text{ cm}^{-1}$. Peaks von sehr geringer Intensität bei 700 und fast unsichtbar bei 760 cm^{-1} können auf Restbanden von $\gamma\text{C}_{\text{ar}}\text{-H}$ -Schwingungen zurückgeführt werden. Sauerstoffhaltige funktionale Gruppen manifestieren sich durch das Vorhandensein eines breiten Signals im Bereich $3500\text{--}3200 \text{ cm}^{-1}$ mit recht gut sichtbaren Maxima bei 3400 und 3320 cm^{-1} . Dies kann Dehnungsschwingungen $\nu\text{O-H}$ von Hydroxylgruppen in wasserstoffgebundenen Alkoholen widerspiegeln und lässt sich auch auf assoziierte Schwingungen der O-H-Gruppe in Carbonsäuren zurückführen, was durch zwei beobachtete Maxima im genannten Bereich unterlegt wird. Eine breite Bande mit einem Absorptionsmaximum bei $\sim 1700 \text{ cm}^{-1}$ entspricht den $\nu\text{C=O}$ -Schwingungen in wasserstoffgebundenen Carbonsäuren. Der Fingerprint-Bereich von $1300\text{--}400 \text{ cm}^{-1}$ spiegelt die wahrscheinlich komplexe Struktur des Materials wider und lässt sich als breites Signal mit zwei klar ausgeprägten Maxima bei ~ 1160 und 1035 cm^{-1} erkennen. Diese beiden Banden können als $\nu\text{C-O-C}$ -Banden in Ethern und $\nu\text{C-OH}$ Banden in Alkoholen im Überlappungsbereich von Schwingungen von anderen funktionellen Gruppen (d.h. Estern C-O als Schulter bei $\sim 1260 \text{ cm}^{-1}$) betrachtet werden.

Der Vergleich der analysierten Spektren der untersuchten Probe von relativ stark verwittertem Material führt zu Spektraldaten von KRUMBIEGEL (1995), wo zwei Spektren mit ähnlichem Kurvenverlauf dargestellt sind und das Material als Geiseltal-Retinit beschrieben wird. Die Auswertung der relativen Intensitäten der Banden, insbesondere im Fingerprintbereich,

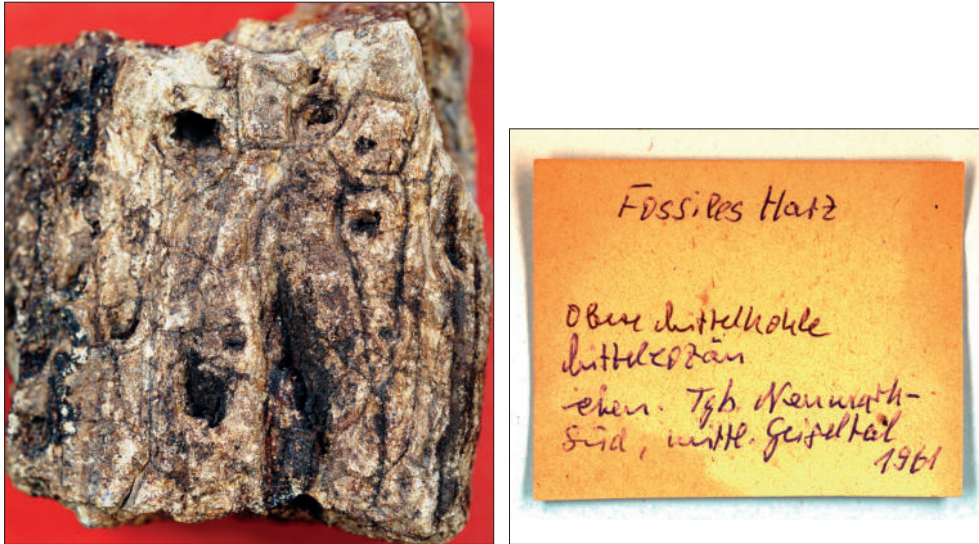


Abb. 2: Retinitprobe aus der Oberen Mittelkohle (Mittleozän) des ehemaligen Braunkohlentagebaus Neumark-Süd im Geiselbergrevier (Größe: 7,0 x 6,0 x 3,0 cm) und originaler Probenzettel von 1961.

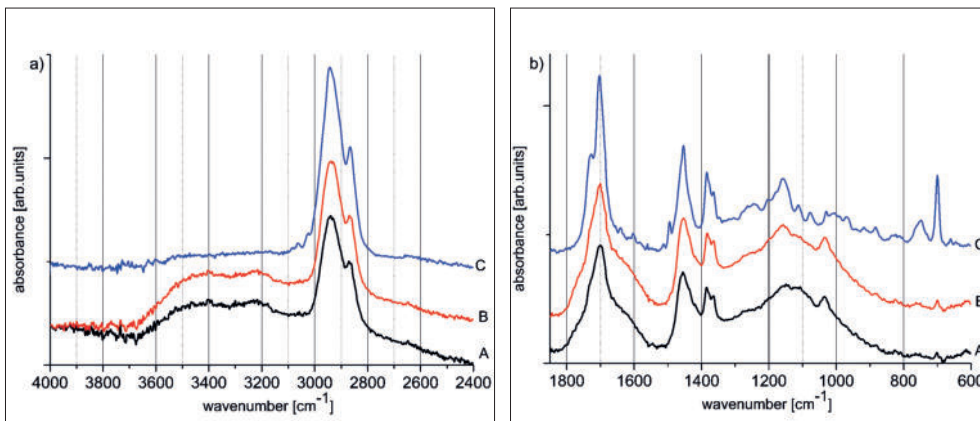


Abb. 3: Vergleich der FT-IR (ATR)-Spektren von Geiselberg-Retinit (A, B) und Krantzit (C): a) 4000–2400 cm^{-1} und b) 1800–600 cm^{-1} .

zeigt jedoch einige Unterschiede zwischen diesen Spektren und der Spektralkurve des hier untersuchten Materials.

Harze vom Retinit-Typ, darunter auch Krantzit, aus der Region Halle/Saale wurden ebenfalls anhand ihrer IR-Spektraleigenschaften von KOSMOWSKA-CERANOWICZ & KRUMBIEGEL (1999) beschrieben. Deutlich zu erkennen ist die Ähnlichkeit der Spektralkurve des von uns untersuchten Materials mit den vorgestellten Spektren von Harzen des Retinit-Typs, die als Krantzit bestimmt wurden. Einige der dort vorgestellten Spektren sind ähnlich den unseren und zeigen nur Restbanden bei ~ 750 und 700 cm^{-1} ($\gamma_{\text{C}_{\text{ar}}-\text{H}}$ aromatischer funktioneller Einheiten) gegenüber dem Krantzit (Abb. 3b, Linie C) mit seinem charakteristischen stechenden Geruch, wobei diese Banden in Form von Peaks geringer und mittlerer Intensität erkennbar sind.

Das gleiche Spektralmuster lieferten auch SHAKS & FAIZULLINA (1974) mit Hauptpeaks bei 1465, 1378, 1160, 1040 cm^{-1} und einer breiten $\nu\text{C}=\text{O}$ -Schwingungsbande von 1770 bis 1600 cm^{-1} mit einem Maximum bei 1710 cm^{-1} . Diese Spektren wurden bei fossilen Harzen aus der Lagerstätte des Kaliningrader Gebiets (Russland) und aus Latdorf (Stadt Nienburg/Saale) in Sachsen-Anhalt (Deutschland) erfasst und als oxidiertes Krantzit-Oxikrantzit- bezeichnet.

PRIESE (1977) untersuchte verschiedene Bernsteinfunde aus dem Raum Leipzig – Halle/Saale mit der Analysenquarzlampe und der Infrarotspektrographie mit dem Ziel, diese nach ihren Eigenschaften und ihrer Zusammensetzung vergleichen zu können. Unter dem Probenmaterial befand sich auch eine Retinitprobe aus dem eoziänen Geiseltal. Das im Rahmen der Untersuchungen von der Retinitprobe von PRIESE (1977) angefertigte Infrarotspektrum lässt sich sehr gut mit unseren Ergebnissen vergleichen, es ist ihm nahezu identisch. Zugleich verweist er auf die makroskopisch erkennbaren Abweichungen zwischen dem Retinit und Bernstein, u.a. auf die geringere Härte des Retinit.

Die für das vorliegend untersuchte Material erfassten Spektraldaten und ihr Vergleich mit Referenzspektren lassen den Schluss zu, dass es sich hierbei um ein fossiles Harz vom Retinit-Typ, nämlich oxidierten Krantzit, auch als Oxikrantzit bekannt, handelt.

3 Untersuchung von Vergleichsproben aus der Harzsammlung von Dr. Günter Krumbiegel

Aus der Sammlung fossiler Harze von Dr. Günter Krumbiegel standen uns zwei Proben für einen makropetrographischen Vergleich zur Verfügung. Die Harzproben mit den Inventarnummern KRU 167 (braune Variante) und KRU 324 (beige Variante) sind als Resinit (Abb. 4) und Retinit (Abb. 5) bezeichnet. Bei den in den Mitteldeutschen Braunkohlen vorkommenden Retiniten handelt es sich nach CHRISTOPH (1961) meist um ein makroskopisch erkennbares fossiles Harz der Weichbraunkohlen, das chemisch gesehen dem Bernstein sehr nahe steht. Beim Resinit hingegen handelt es sich um fossile, tröpfchenförmige Harz- und Wachsbestandteile, die mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind. Diese können nur mikroskopisch nachgewiesen werden.

Auffällig ist, dass beide Proben einen für den Krantzit charakteristisch stechenden aromatischen Geruch aufweisen. Zudem besitzen einzelne Stücke an der Oberfläche eine schwarz-graue Verwitterungskruste und Trockenrisse. In ihrer Struktur sind es meist porzellanartig und undurchsichtig ausgebildete, mitunter auch achatartig gebänderte, sehr spröde bis brüchige Harzstücke. Ihre Farbe variiert zwischen milchig weiß, beige bis honiggelb und rötlichbraun.

Die Proben wurden nach der gleichen Untersuchungsmethodik wie die bereits zuvor beschriebene fossile Harzprobe aus Neumark-Süd mittels FT-IR (ATR) Spektroskopie untersucht. Die Lage der Hauptabsorptionsbanden und die vorgeschlagene Zuordnung sind aus Tabelle 1 ersichtlich. Die Bandenzuordnung, insbesondere im Fingerprintbereich, ist aufgrund der komplexen Struktur der Harze und der daraus resultierenden starken Bandenüberlappung nur als annähernd zu betrachten. Der Vergleich der Lage und der relativen Intensitäten der Absorptionsbanden mit Referenzdaten bestätigt, dass es sich bei den Harzen um Krantzit handelt (KOSMOWSKA-CERANOWICZ 2015, KOSMOWSKA-CERANOWICZ & KRUMBIEGEL 1990).

Das Faszinierende an Krantzit ist seine gewisse Ähnlichkeit hinsichtlich des Spektralmusters mit Succinit, trotz der deutlich verschiedenen chemischen Eigenschaften dieser beiden fossilen Harze. Diese Tatsache wurde bereits früher von KOSMOWSKA-CERANOWICZ & KRUMBIEGEL (1990) festgestellt. Die Ähnlichkeit des Spektralmusters ist anhand der „parabaltische Schulter“ (Indikatorregion für die Identifizierung von Succinit) zu erkennen, die, wie in den hier beschriebenen Fällen, sehr unterschiedlich sein kann (Abb. 6, Linien A und B), aber es gibt auch Beispiele für fast horizontale Spuren zwischen 1260–1200 cm^{-1} , gefolgt von einem deutlichen Peak bei 1159 cm^{-1} analog zu Succinit (Abb. 8, Linie C). Es stellt sich daher wahrscheinlich nicht das erste Mal die Frage, ob es Beziehungen zwischen Succinit und Krantzit gibt und welche das sind.



Abb. 4: Resinitproben (KRU 167) aus dem ehemaligen Braunkohlentagebau Muehlen-Westfeld (Größe: bis 2,5 cm im Durchmesser) sowie Original-Probenröhrchen.



Abb. 5: Retinitstücke aus der Sammlung fossiler Harze von Dr. Günter Krumbiegel (KRU 324) aus dem ehemaligen Braunkohlentagebau Großkayna im Geiseltalrevier (Größe: 2,5 bis 3,5 cm im Durchmesser) sowie originaler Probenzettel von 1955.

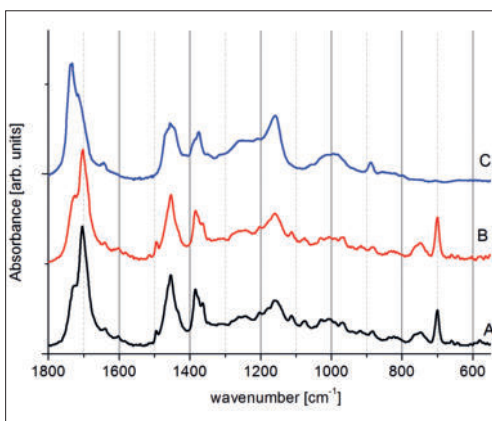


Abb. 6: Vergleich von Teilspektren (1800–600 cm^{-1}) FR-IR (ATR) von Krantzitproben (A = KRU 167 und B = KRU324) und Succinit aus der Region Bitterfeld (C).

Tab. 1: Hauptbanden und ihre vorgeschlagene Zuordnung für FT-IR-Spektren der Proben KRU167 und KRU324 (Erläuterungen: Relative Intensität der Banden: st = stark, m = mittel, schw = schwach, b = breit, Schu = Schulter; „<“ und „>“ zur Kennzeichnung zusätzlicher relativer Intensität. Schwingungen: ν = Dehnung, δ = Deformation in der Ebene, γ = Deformation außerhalb der Ebene. * für die Hauptbanden wurden nur einige Zuordnungen vorgeschlagen).

Bandenzuordnung	Lage [cm^{-1}] und Relative Intensität	
	KRU167	KRU324
$\nu\text{O-H}$ Alkohole, Karbonsäuren, Wasser	~3450 m, b	~3300 m, b
$\nu\text{=C-H}$ aromatische und/oder Alkenylreste	3060 schw	3062 schw
	3025 schw	3028 schw
$\nu\text{C-H}$ Alkyl Methyl ($-\text{CH}_3$); Methylen ($-\text{CH}_2-$)	2948 st	2948 st
	2868 st–m	2866 st–m
$\nu\text{C=O}$ Ester, Karbonsäuren (auch Ketone)	~1722 schw, Schu < 1706 s	~1726 schw, Schu < 1704 s
$\nu\text{C=C}$ Alkenyl	1642 schw	1638 schw
$\nu\text{C=C}$ Aromatenc	1601 schw	1601 schw
$\delta\text{-CH}_3, \delta\text{-CH}_2-$,	1456 m	1454 m
$\delta\text{-CH}_3$	1384 m > 1366 m	1382 m > 1364 m
Bereich sich überlappender Banden *	1262 m–schw	1253 schw, b
	1245 m–schw	-
$\nu\text{C-O}$ Ester und Karbonsäuren $\nu\text{C-OH}$ 3° Alkohole und Phenole	1206 m–schw, Schu	1203 m–schw, Schu
	1159 m–st	1159 m–st
$\nu\text{C-O-C}$ Ether	1110 schw	1112 schw

Tab. 1: Fortsetzung

Bandenzuordnung	Lage [cm ⁻¹] und Relative Intensität	
	KRU167	KRU324
Bereich sich überlappender Banden * νC-OH 1° and 2° Alkohole	1079 m	1073 m
	1032 m–schw	1030 m–schw
	1001 m–schw	1009 m–schw
γC-H Vinyl RHC=CH ₂	971 m–schw	971 m–schw
γC-H Vinylidene R ₂ C=CH ₂	885 m–schw	883 m–schw
γC-H aromatisches und / oder dreifach substituiertes Alkenyl R ₂ C=CHR	824 m–schw	823 m–schw
γC-H Aromatischer (einfach substituierter) Benzolring	750 m < 701 m–st	747 m < 699 m–st

4 Literatur

- CHRISTOPH, H.J. (1961): Kohlen-Petrographisches Praktikum. – Bergakademie Freiberg, Textband, Freiberg: 75–96.
- GALLE, H. (1962): Feinstratigraphische Flözinventarisierung im mittleren Geiseltal unter besonderer Berücksichtigung des Liegenden und des Hangenden der Kohle. – Unveröff. Dipl.-Arb., Geol.-paläontol. Inst. der Martin-Luther-Uni. Halle-Wittenberg, Halle/Saale.
- GALLE, H. (1964): Feinstratigraphische Flözinventarisierung im mittleren Geiseltal unter besonderer Berücksichtigung des Liegenden und des Hangenden der Kohle. – Autorreferat zur Dipl.-Arb., Hall. Jb. Mitteldt. Erdgesch. **6**: 97–100.
- GALLE, H. (2018): Historischer Braunkohlebergbau entlang der Mulde um Colditz, Grimma und Wurzen. – Sax-Verlag, Beucha/Markkleeberg.
- GEINITZ, H.B. (1840): Über die Braunkohlen Sachsens. – Meinhold Verlag, Dresden.
- KLEMM, J.G. (1870): Die Braunkohlenablagerungen von Beiersdorf bei Grimma. – Sitzungsber. der naturwiss. Ges. Isis 1870: 178–179.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ, B. & KRUMBIEGEL, G. (1990): Identification of glessite, sieburgite and krantzite from Halle/Saale region by infrared spectroscopy. – 15th General Meeting of International Mineralogical Association. 28 June–3 July 1990, vol. **2**: 591–592.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ, B. & KRUMBIEGEL, G. (1999): Bursztyn bitterfeldzki (saksoński) i inne żywice kopalne z okolic Halle (NRD). – Przegl. Geol. **38** (9): 394–440.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ, B. (2015): Infrared spectra atlas of fossil resins, subfossil resins and selected imitations amber. – Polska Akademia Nauk Muzeum Ziemi w Warszawie, Warszawa, S. 1–210.
- KRUMBIEGEL, G. (1995): Fossile Harze aus der Geiseltalbraunkohle und aus dem Tagebau Königsau (Sachsen-Anhalt). – Hall. Jb. Geowiss. **17**: 139–148.

- KRUMBIEGEL, G. & KOSMOWSKA-CERANOWICZ, B. (1992): Fossile Harze der Umgebung von Halle (Saale) in der Sammlung des Geiseltalmuseums der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. – *Wiss. Z. Univ. Halle* **41** M (6): 5–35.
- NAUMANN, C.F. (1845): Erläuterung zur Sektion XIV der geognostischen Charte des Königreiches Sachsens, 1:120.000. – Dresden und Leipzig.
- PRIESE, O. (1977): Infrarotspektrographie an pleistozänen und tertiären Bernsteinfunden des Halle-Leipziger Raumes. – *Hercynia N. F.* **14** (3): 272–280.
- SHAKS, I.A. & FAIZULLINA, E.M. (1974): Infrarotspektren fossiler organischer Materie. – Nedra, Leningrad: 116–123.

Eingegangen am 14.06.2019

Dipl. Geol.-Ing. (FH) ROLAND WIMMER
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
Köthener Straße 38
D-06118 Halle (Saale)
E-Mail: wimmer@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Dr. HORST GALLE
Ehrensteinstraße 47a
D-04105 Leipzig
E-Mail: dr.hgalle@t-online.de

Prof. Dr. habil. EWA WAGNER-WYSIECKA
Wydział Chemiczny
Katedra Chemii i Technologii Materiałów Funkcjonalnych Politechnika Gdańska
Ul. Narutowicza 11/12
PL-80-233 Gdańsk
E-Mail: ewawagne@pg.gda.pl