

Sebastian Krutter · Frank Schröder (Hrsg.)

# Durch die Schichten der Zeit! Neue Erkenntnisse zwischen Mesozoikum und Gegenwart

Festschrift für Erich Urbanek zum 75. Geburtstag



Forschungen des Museum Burg Golling  
Band 1 · 2015

Diese Publikation entstand mit freundlicher finanzieller Unterstützung der Marktgemeinde Golling an der Salzach, dem Rotary-Club Golling-Tennengau und HSC Schattauer.



HEIZUNG • SANITÄR • LÜFTUNG  
DACHDECKER • SPENGLER  
ABDICHTUNG • GLAS

5440 Golling 31 ▶ Tel. 06244/4369-0 ▶ e-mail: office@hsg-schattauer.at



Diese Publikation ist unter <http://museumburggolling.com> als Open Access verfügbar.

Für den Inhalt und die Einholung von Abbildungsrechten sind alle Autoren eigenverantwortlich!

ISBN: 978-3-9503994-0-0

Herausgeber: Sebastian Krutter, Frank Schröder

Autoren: Gerhard Wolf, Gero Moosleitner, Thomas Hornung, Norbert Vávra, Christine Frischauf, Sebastian Krutter, Gernot Rabeder, Anna Holzner, Bruno Reiterer, Frank Schröder, Raimund Kastler, Markus Gschwind, Anke Oertel, Josef Ries, Wolfgang Strasser, Franz Mandl, Michael Neureiter

Schriftleitung: Carina Heis

Redaktion: Sebastian Krutter, Frank Schröder

Layout und Satz: Sebastian Krutter

Coverabbildung: Fischfossil von *Colobodus ornatus*, Foto: Gero Moosleitner

Herstellung und Vertrieb: tredition GmbH · Hamburg

Copyright: 2015 · Museum Burg Golling  
Markt 1, A-5440 Golling an der Salzach  
[info@museumburggolling.com](mailto:info@museumburggolling.com)  
<http://museumburggolling.com>

Die Publikation ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Museum Burg Golling sowie der jeweiligen Autoren unzulässig.

# Inhaltsverzeichnis

- 7 Vorwort der Herausgeber  
Sebastian Krutter · Frank Schröder
- 9 Grußwort der Marktgemeinde Golling  
Anton Kaufmann
- 11 Die norischen Fischmergel des Wiestales bei Hallein  
Gerhard Wolf · Gero Moosleitner · Thomas Hornung
- 21 Fossiles Harz aus der Unterkreide von Golling – der bisher  
bedeutendste Bernsteinfund aus Österreich  
Norbert Vávra
- 33 Die fossile Höhlenfauna der Bärenfalle im Tennengebirge  
Christine Frischauf · Sebastian Krutter · Gernot Rabeder
- 47 Ein bronzezeitliches plankonvexes Gusskuchenfragment vom  
Klemmstein bei Golling im Salzachtal, Land Salzburg  
Sebastian Krutter
- 53 Das Eisfeld – ein Gräberfeld der eisenzeitlichen „Gründergeneration“  
am Dürrnberg bei Hallein  
Anna Holzner
- 61 Restaurierung von archäologischen Eisenfunden am Fallbeispiel des  
Schmiedewerkzeugensembles vom Nikolausberg bei Golling  
Bruno Reiterer
- 65 Eine neue spätlatènezeitliche Kleinsilbermünze vom Pass Lueg im  
Land Salzburg  
Frank Schröder
- 77 Neues zur römischen *villa rustica* in der Kellau bei Kuchl  
Raimund Kastler · Markus Gschwind
- 91 Licht ins Dunkle bringen! Speläologisch-archäologische Forschungen  
im Stierloch im westlichen Tennengebirge  
Anke Oertel · Josef Ries · Wolfgang Strasser · Sebastian Krutter
- 101 Felsbilder des Tennengebirges  
Franz Mandl
- 111 Uhren auf Tennengauer Türmen. Zeit-Künder und Zeit-Zeugen  
aus vier Jahrhunderten und zwölf Gemeinden  
Michael Neureiter



RR Erich Urbanek vor dem Heraion von  
Paestum in Kampanien im Jahr 2013

# Fossiles Harz aus der Unterkreide von Golling – der bisher bedeutendste Bernsteinfund aus Österreich

Norbert Vávra

Erste Hinweise auf das Vorkommen fossiler Harze im Bundesland Salzburg finden sich bereits bei Fugger<sup>1</sup>, allerdings ohne jegliche Angaben zu einem Vorkommen im Raum von Golling. In diesem Gebiet – im Bereich der Weitenau, etwa 10 km östlich von Golling nahe der Putzenkapelle bei Lienbach – erfolgten die ersten Bernsteinfunde im Jahre 1962.<sup>2</sup>

Im Jahre 1979 wurde für den Bau einer Forststraße in der Weitenau ein kleiner Steinbruch angelegt, der die Roßfeldschichten aufschloss, deren kohlehaltiger Sandstein teilweise massenhaft Bernstein lieferte. Vor seiner Verfüllung war dieser Aufschluss einige Monate hindurch von Salzburger Mineraliensammlern gepachtet und Bernstein im großen Maßstab gesammelt worden. Nähere Angaben dazu finden sich beispielsweise bei G. Fischer<sup>3</sup>, F. J. Krüger<sup>4</sup> sowie bei W. Winkler.<sup>5</sup> Wie F. J. Krüger bereits betont, beschränkt sich dieses Vorkommen jedoch keineswegs auf diesen einen Aufschluss: als Fundorte werden daher – außer der Weitenau – zum Beispiel auch Grubach, Kuchl, Moosegg und der Bereich der Putzenangerkapelle genannt.

In den Jahren 1979-1982 dürften nach einer Angabe bei D. Schlee<sup>6</sup> insgesamt etwa 500-800 kg fossiles Harz gesammelt worden sein (Abb. 2). Der Aufschluss wurde danach verfüllt und rekultiviert. Der Verfasser erhielt zwar durch F. Hausmann – einen Privatsammler aus Wien – bereits sehr früh Belegmaterial mit der Fundortangabe „Putzenanger, Putzenkapelle im Lienbachtal, Moosegg, 26.9.1968“, von dem erwähnten Aufschluss mit den mengenmäßig bedeutenden Funden erhielt er jedoch erst etwa im Jahr 1984 Nachricht, zu einem Zeitpunkt, als es den Aufschluss schon nicht mehr gab.

## Geologie und Altersstellung

Eine der Besonderheiten der Harzfunde aus Golling ist zweifellos ihr hohes Alter. Größenordnungsmäßig ist dieser Bernstein etwa drei Mal so alt wie der wohl bekannteste Bernstein überhaupt – der Succinit des Baltikums. Ursprünglich war der Gollinger Bernstein sogar versehentlich als Juraharz beschrieben worden.<sup>7</sup> Detaillierte geologische Studien dieser Gegend wurden vor allem von B. Plöchinger<sup>8</sup> sowie von P. Faupl und A. Tollmann<sup>9</sup> durchgeführt. Bereits B. Plöchinger hatte das Vorkommen fossiler Harze erwähnt – fossile Harze, die zu den Roßfeldschichten gehören. Die Gesamtmächtigkeit dieser Schichten wird mit über 800 m angegeben, ihr Verbreitungsgebiet ist einerseits ihr Typusgebiet – die neokome Roßfeldmulde westlich der Salzach – andererseits die Weitenaumulde östlich der Salzach.<sup>10</sup> Es lassen sich dabei Untere Roßfeldschichten (Oberes Valendis/Unteres Hauterive) sowie Obere Roßfeldschichten (Hauterive bis Apt) unterscheiden. Auch letztere sind lithologisch unterschiedlich entwickelt: östlich der Salzach umfassen sie kieselige Mergelkalk, die von konglomeratreichen, mürben Sandsteinen überlagert werden. In diesen Lagen finden sich die Harzvorkommen. Die altersmäßigen Einstufungen erfolgten aufgrund von entsprechenden Ammonitenfunden.<sup>11</sup> Das Profil wurde aufgrund von Vergleichen mit rezenten Faziesverteilungen als Tiefseerinnen-Environment interpretiert, wobei die Oberen Roßfeldschichten ein von der Beckenabhangseite her vorgeschobenes, kleinräumiges Fächersystem darstellen.<sup>12</sup> Als radiometrisches Alter wird 120-130 Millionen Jahre angegeben<sup>13</sup>, ein Alter, das von A. Borkent<sup>14</sup> für die von ihm beschriebenen Inklusionen auf 127-130 Ma eingeschränkt wird.

<sup>1</sup> Fugger 1878.

<sup>2</sup> Strasser 1968.

<sup>3</sup> Fischer 1982.

<sup>4</sup> Krüger 1999.

<sup>5</sup> Winkler 1999.

<sup>6</sup> Schlee 1985.

<sup>7</sup> Strasser 1968.

<sup>8</sup> Plöchinger 1968.

<sup>9</sup> Faupl/Tollmann 1979.

<sup>10</sup> Plöchinger 1983.

<sup>11</sup> Plöchinger 1983. – Winkler 1999.

<sup>12</sup> Faupl/Tollmann 1979.

<sup>13</sup> Winkler 1999.

<sup>14</sup> Borkent 1997.



**Abb. 1:** Größter bisher bekannter Bernsteinfund aus Golling mit 4,8 kg aus der Privatsammlung von W. Grubelnik (Foto: S. Krutter)

### Benennung des Harzes

Für fossile Harze wurden im Laufe der Zeit mehr als 100 – mehr oder minder gut definierte, mehr oder minder gebräuchliche – Mineralnamen verwendet, wovon „Succinit“ als Bezeichnung für den „Baltischen Bernstein“ (sensu stricto) wohl der bekannteste sein dürfte. Auch das Material aus Golling erhielt unterschiedliche Bezeichnungen: von Anrainern aufgrund des fallweise markanten Geruches als „Ölschwefel“ bezeichnet<sup>15</sup>, stellte es S. Savkevitch<sup>16</sup> zu den „Retiniten“, eine Bezeichnung, die von A. Strasser<sup>17</sup> übernommen wurde. Schließlich ist auch noch die Rede von Copalknollen.<sup>18</sup> Aufgrund der gegenwärtigen Problemlage<sup>19</sup> ist es vielleicht am vernünftigsten von einem „fossilen Harz aus der Unterkreide“ oder einfach ganz allgemein vom „Bernstein aus Golling“ zu sprechen.

### Physikalische und chemische Eigenschaften

Farbe: Die Farbe des Gollinger Bernsteins wird meist als dunkelbraun, rotbraun, fallweise sogar als grünlich, violett, ja selbst als bernsteingelb (bei vollständiger Durchsichtigkeit) angegeben (Abb. 1). Eine der ausführlichsten Beschreibungen zum Thema Farbe des Gollinger Bernsteins findet sich wohl bei D. Schlee<sup>20</sup>, er verweist vor allem auf die Tatsache, dass sich die Farbangabe „schwarz“ nur auf das Erscheinungsbild der unbearbeiteten Oberfläche bezieht. Bereits das Aufbrechen der Bernsteinstücke ergibt typischerweise eine braune, klare oder lederartig matte Oberfläche. Dünne Scheiben

sind dann oft durchsichtig, manchmal sogar klar und hellgelb. Seltene glasklare Funde wiesen sogar manchmal orangerote Farbtöne auf. Als besonders informativ gelten Querschleife durch einzelne Bernsteinknollen, die erkennen lassen, dass der Bernstein oft Druck und einer erheblichen Hitzeeinwirkung ausgesetzt gewesen sein muss. Auch die gelegentlich beobachteten bläulich-violetten Farbvarianten sieht D. Schlee im Zusammenhang mit Aufschmelzprozessen. Eine Reihe weiterer Beobachtungen einzelner Besonderheiten werden von diesem Autor eingehend beschrieben, als Hitzeeffekte gedeutete Erscheinungen sind auch abgebildet.<sup>21</sup> UV-Licht: Der Gollinger Bernstein zeigt eine auffallende, oft jedoch sehr unterschiedliche Fluoreszenz im UV-Licht. Ein besonders eindrucksvolles Bild dazu findet sich bei D. Schlee<sup>22</sup>, dieser Autor verweist jedoch auch ausdrücklich auf deutliche Unterschiede im Erscheinungsbild der UV-Fluoreszenz je nach dem diagenetischen „Schicksal“ der einzelnen Bernsteinknollen. Die Härte beträgt nach Mohs etwa 2, die Dichte beträgt 1,12-1,16 nach A. Strasser<sup>23</sup>.

### Chemische Untersuchungen

Es gibt eine beträchtliche Anzahl unterschiedlicher physikochemischer Methoden, die zwecks Charakterisierung des fossilen Harzes aus Golling bisher angewandt wurden. Ein Überblick dazu findet sich bei N. Vávra<sup>24</sup>, dabei überwiegen jene Methoden, die eine Charakterisierung des gesamten Harzes zum Ziel hatten. Infrarotspektroskopie, Ramanspektroskopie, Massenspektrometrie, Pyrolysegaschromatographie sowie schließlich auch die Aufnahme von Dämpfungsspektren

<sup>15</sup> Strasser 1989. – Winkler 1999, 55.

<sup>16</sup> Savkevitch 1981.

<sup>17</sup> Strasser 1989.

<sup>18</sup> Exel 1993.

<sup>19</sup> Beispielsweise: Vávra 2011.

<sup>20</sup> Schlee 1984, 30, Taf. 6-9.

<sup>21</sup> Schlee 1984, Taf. 8, 9.

<sup>22</sup> Schlee 1984, Taf. 9.

<sup>23</sup> Strasser 1968.

<sup>24</sup> Vávra 2005, 259, Tab. 1.

Abb. 2: Grabungen an der Fundstelle des Bernsteins (Foto: G. Fischer)



sowie von Torsionsmodulkurven<sup>25</sup> seien hier genannt. Die wohl am weitesten verbreitete Methode zur Charakterisierung fossiler Harze ist wohl die Infrarotspektroskopie. Durch die Verwendung von Kaliumbromid-Presslingen lässt sich das Problem der Unlöslichkeit der Hauptmenge vieler Bernsteinarten leicht umgehen, der Materialbedarf ist extrem gering, der Aussagewert der Absorptionsspektren im infraroten Bereich relativ hoch. Bestimmte Absorptionsbanden können zwar bei fast allen fossilen Harzen beobachtet werden, der so genannte „Fingerprint-Bereich“ bietet jedoch fast immer ausreichende Vergleichsmöglichkeiten. Liegen deutlich unterscheidbare Spektren vor, so handelt es sich zweifellos um unterschiedliche Harzminerale, bei identischen Spektren kann man jedoch nicht unmittelbar auf eine Identität der vorliegenden organischen Minerale schließen. Weitere Untersuchungen und Vergleiche sind hier meist erforderlich. Es handelt sich in fast allen Fällen um Gemische aus hochmolekularen Substanzen mit niedrigmolekularen Inhaltsstoffen. Als wohl bekanntestes Merkmal des Infrarotspektrums des Succinits (*sensu stricto*) sei hier die „Baltische Schulter“ erwähnt. Sie besteht aus einer Absorption bei einer Wellenzahl von  $1160\text{ cm}^{-1}$  und der eigentlichen „Schulter“ zwischen  $1160$  und  $1260\text{ cm}^{-1}$ . Sie gestattet mit hoher Sicherheit eine Identifizierung des Succinits.<sup>26</sup> Der Bernstein aus Golling zeigt niemals diese Schulter (Abb. 4), eines der vielen Merkmale, welche ihn vom „klassischen“ Succinit des Baltikums unterscheiden.

Die Ramanspektroskopie stellt in gewissem Sinne ein Gegenstück zur Infrarotspektroskopie dar. Infrarotes Licht bestimmter Wellenlänge wird absorbiert, sobald ein durch eine Molekülschwingung sich änderndes Dipolmoment mit dem entsprechenden Vektor der Lichtquelle in Wechselwirkung tritt, bei der Ramanspektroskopie

erfolgt eine entsprechende Wechselwirkung jedoch zwischen Licht und Polarisierbarkeit des Moleküls. Dies bedingt unterschiedliche Auswahlregeln: meist sind jene Schwingungen, die IR-aktiv sind im Ramanspektrum inaktiv und umgekehrt. So ist die Ramanspektroskopie einerseits zur Erkennung bestimmter funktioneller Gruppen, aber auch oft zur Charakterisierung von Gemischen recht nützlich.<sup>27</sup> Bezüglich der Charakterisierung des Gollinger Bernsteins durch diese Methode sei hier auf die Arbeiten von W. Winkler verwiesen.<sup>28</sup> Im Rahmen der Massenspektrometrie organischer Substanzen muss betont werden, dass die üblichen, routinemäßig verfügbaren Geräte gewöhnlich nur über die Möglichkeit einer Elektronenstoßionisation verfügen, die so erhaltenen Massenspektren („Schuttenspektren“) bieten jedoch nur einen sehr beschränkten Aussagewert.<sup>29</sup> Einen weitaus höheren Wert haben Massenspektren, welche beispielsweise mittels Feldionisation erzielt werden – sie liefern gut auswertbare Peaks von entsprechenden Molekülonen und nur einen geringen Anteil von „Molekülschutt“. <sup>30</sup> Derlei Aufnahmen wurden bisher leider nur für eine sehr beschränkte Anzahl fossiler Harze beschrieben.

Eine weitere Methode zur Charakterisierung der gesamten vorliegenden Harzprobe stellt die Pyrolysegaschromatographie dar. Sie wurde bereits relativ bald auch für fossile Harze verwendet.<sup>31</sup> Für das Material aus Golling wurde eine entsprechende Untersuchung von G. Heck<sup>32</sup> publiziert. Die bereits erwähnten Dämpfungsmessungen, die von M. Weller und C. Wert durchgeführt wurden, ergaben interessante Vergleiche für die von

<sup>27</sup> Siehe beispielsweise: Williams/Fleming 1985.

<sup>28</sup> Winkler 1999. – Winkler 2003. – Winkler 2004.

<sup>29</sup> Bandel/Vávra 1981.

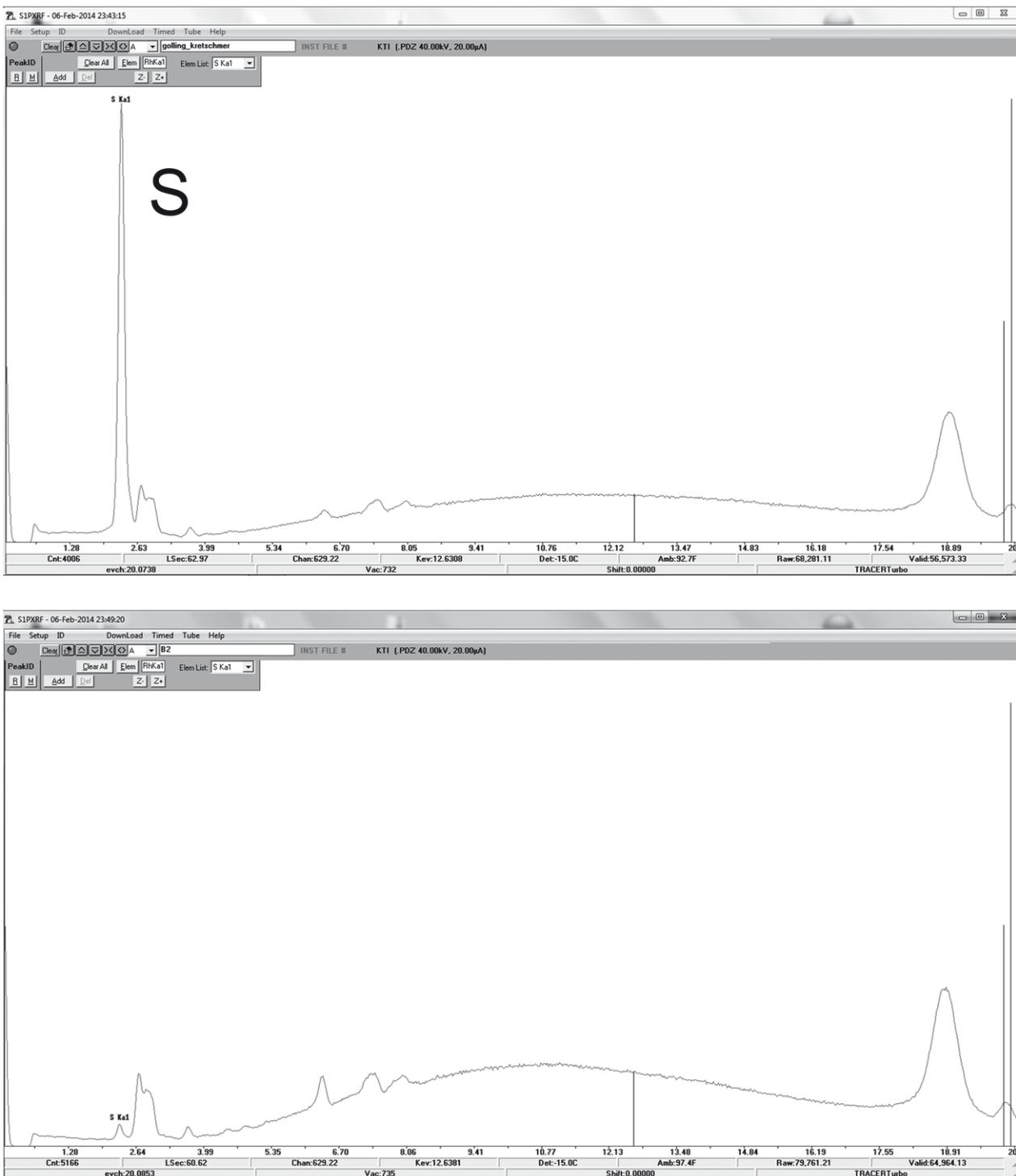
<sup>30</sup> Mischer u.a. 1970.

<sup>31</sup> Mischer u.a. 1970. – Streibl u.a. 1976. – Sorg/Krebs 1986.

<sup>32</sup> Heck 1999. – Aufnahme Nr. 22 (Golling) und Nr. 26 (Grubach, wesentlich mit der Angabe: Kuhl, Tirol).

<sup>25</sup> Weller/Wert 1984.

<sup>26</sup> Mit der dort zitierten Literatur: Vávra 1993.



**Abb. 3:** Röntgenfluoreszenzspektrum des Bernsteins aus Golling (oben), sowie als Vergleich dazu eines Baltischen Bernsteins; man beachte den deutlichen Unterschied der beiden Schwefel-Peaks. Gerät: RFA-Handspektrometer, Bruker Tracer IV SD mit 10 mm<sup>2</sup> X-Flash Silizium Detektor (Aufnahme: G. Giester)

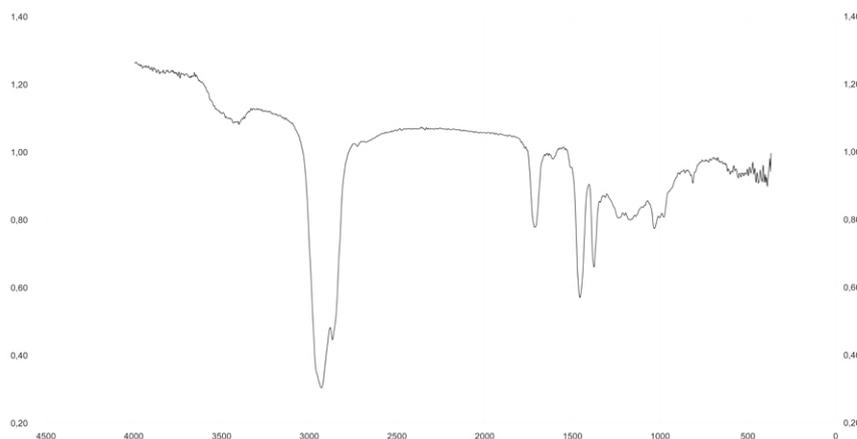
ihnen untersuchten Bernsteinarten. Die relativ niedrigen Maxima wurden von diesen Autoren als Folge eines geringen amorphen Anteils an verknäulten bzw. leicht drehbaren Molekülgruppen gedeutet. Dies wurde als Hinweis auf einen hohen Vernetzungsgrad der Makromoleküle sowie mit dem hohen geologischen Alter des Materials in Zusammenhang gebracht.

Einzelne lösliche Inhaltsstoffe wurden sowohl durch Dünnschichtchromatographie<sup>33</sup> als vor allem auch mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie (Abb. 5-6) verglichen bzw. identifiziert.<sup>34</sup> Es ist hier leider – alleine schon aus Platzgründen – nicht möglich, die vielen Einzelergebnisse und Probleme eingehend dar-

<sup>33</sup> Rottländer/Mischer 1970. – Bandel/Vávra 1981. – Vávra 1999.

<sup>34</sup> Streibl u.a. 1976. – Vávra 1999.

**Abb. 4:** Infrarotspektrum des Bernsteins aus Golling. Abszisse: Wellenzahl in  $\text{cm}^{-1}$ , Gerät: Bruker Tensor 27, 50 scans, DTGS Detektor, KBr Beam Splitter (Aufnahme: G. Giester)



zustellen, hier muss ein Hinweis auf die einschlägigen Einzelpublikationen genügen. Es sollen daher nur einige wesentliche Gesichtspunkte herausgestrichen werden. Eine Elementaranalyse des Gollinger Bernsteins ist nach Kenntnisstand des Verfassers bisher noch nicht publiziert worden, eine C/H-Analyse von Material aus dem Lienbachtal liegt allerdings vor: 78,63 % C, 10,45 % H<sup>35</sup>. Es finden sich aber des Öfteren Hinweise auf einen auffallend hohen Schwefelgehalt der Proben. Um dies hier wenigstens „halbquantitativ“ zu dokumentieren, sei auf die zugehörige Abbildung verwiesen (Abb. 3): der extrem hohe-Schwefel-Peak – im Vergleich mit dem Material aus dem Baltikum – wirkt wohl sehr überzeugend. Dieser Befund wurde fallweise auch durch einen deutlichen Schwefelgeruch frischen Probenmaterials bekräftigt und war auch Anlass zur lokalen, volkstümlichen Bezeichnung dieses Harzes als „Ölschwefel“.<sup>36</sup> Diese Tatsache sollte eigentlich für Geochemiker ein Anlass sein, die Rolle des Schwefels in fossilen Harzen grundsätzlich zu diskutieren. Angesichts der heute akzeptierten Vorstellungen über den Aufbau des makromolekularen Anteils des Succinit<sup>37</sup> könnte man zum Beispiel an die Ausbildung von Schwefelbrücken zwischen fadenförmigen Teilen von Makromolekülen denken, die dann nach Art einer „Vulkanisation“ einen wesentlichen Beitrag zu den makroskopischen Eigenschaften fossiler Harze liefern würden. Dies würde durchaus der Vernetzung von Polyisoprenketten beim Kautschuk durch Schwefelatome entsprechen, dabei entfällt auf etwa 100 Isoprengruppen jeweils ein Schwefelatom. Auch Brückenbildung durch jeweils mehrere Schwefelatome ( $S_x$ ) kann fallweise auftreten. Die Suche nach niedermolekularen organischen Schwefelverbindungen durch den Verfasser verlief jedenfalls bei allen untersuchten Bernsteinproben stets negativ – wohl ein weiterer Hinweis darauf, dass der Schwefel im makromolekularen Anteil eingebaut ist.

Zwei wesentliche Zielsetzungen chemischer Untersuchungen an fossilen Harzen sollen hier noch besonders hervorgehoben werden. Einerseits der Vergleich von Bernsteinproben unterschiedlicher Herkunft mit dem Ziel, irgendwie doch eine Art „natürlicher“ Systematik fossiler Harze zu erarbeiten, andererseits jedoch die Suche nach Chemofossilien bzw. typischen Strukturen, die eine chemotaxonomische Auswertung ermöglichen – das heißt eine Aussage bezüglich der Harz liefernden Pflanzen gestatten. Als dritte mögliche Zielsetzung kommt noch der Versuch dazu, aus den chemischen Strukturen eine Art relativer Datierung unterschiedlicher fossiler Harze zu erreichen – in Anbetracht des hohen geologischen Alters ist gerade in dieser Hinsicht der Bernstein aus Golling von besonderem Interesse. Im Zusammenhang mit den diagenetischen Veränderungen fossiler Harze wurden unter anderem auch die Raman-spektren verschiedener organischer Mineralien – auch unter Einbeziehung von Material aus Golling – verglichen.<sup>38</sup>

Nun aber zu einem wesentlichen Gesichtspunkt bezüglich der Bestimmung der botanischen Herkunft. Hier soll jedoch vor allem darauf verwiesen werden, dass bereits vor 15 Jahren in Material aus Golling niedermolekulare organische Verbindungen mit typischer 2,3-Dihydroindenstruktur vorgeschlagen wurden<sup>39</sup>, die genaue Struktur der einzelnen Alkylreste blieb dabei allerdings offen. Das Vorkommen von Dihydroinden-Strukturen (Abb. 7) im Material aus Golling wurde mittlerweile bestätigt.<sup>40</sup> Was diesen Befund im Zusammenhang mit der Diskussion möglicher Erzeugerpflanzen allerdings besonders wertvoll macht, ist die Tatsache, dass erst kürzlich das Vorkommen von Pentamethyldihydroinden als einer der typischen Bestandteile von *Araucaria* im Zusammenhang mit Fragen einer Palaeochemotaxonomie dieser Pflanzenfamilie diskutiert wurde.<sup>41</sup> In diesem Zusammenhang sei auch auf das Vorkommen von substituiertem Dihydroinden in einem erst kürzlich aus der

<sup>35</sup> Analysen-Nr. PE/37593; Dr. Zak, Mikroanalytisches Laboratorium am Institut für Physikalische Chemie der Universität Wien, 31.3.1980.

<sup>36</sup> Strasser 1989. – Winkler 1999, 55.

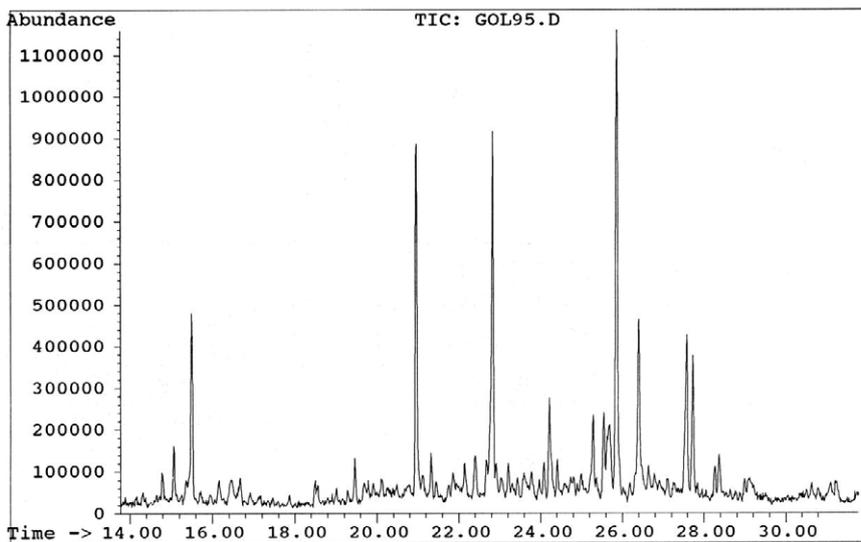
<sup>37</sup> Beispielsweise: Anderson u.a. 1992.

<sup>38</sup> Winkler u.a. 2001, Abb. 1.

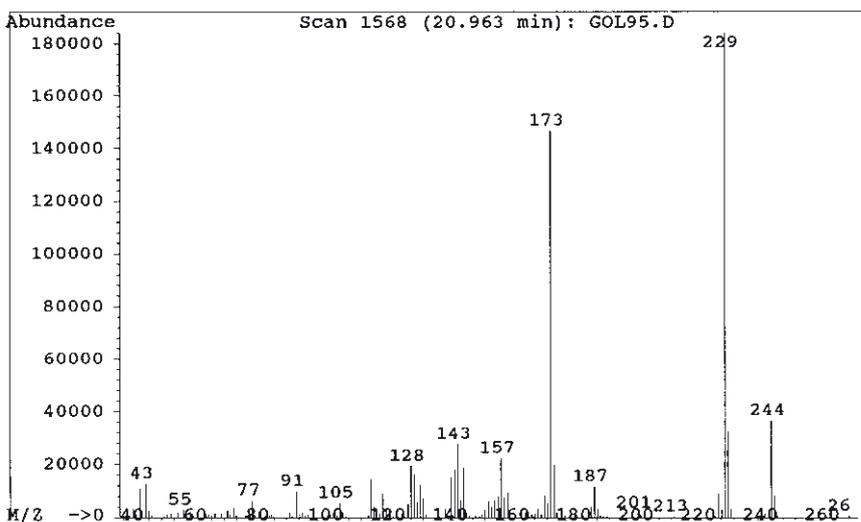
<sup>39</sup> Vávra 1999, 225-228, Abb. 5-7.

<sup>40</sup> Lühr 2004.

<sup>41</sup> Lu u.a. 2013.



**Abb. 5:** Ausschnitt eines Gaschromatogramms (genauer: Gesamtionenchromatogramms) einer in Ethanol löslichen Fraktion des Bernsteins aus Golling. Abszisse: Retentionszeit in Minuten. Ordinate: Ionenhäufigkeit (Aufnahme: N. Vávra).



**Abb. 6:** Beispiel für ein Massenspektrum eines in Ethanol löslichen Inhaltsstoffes, substituiertes Dihydroindon, Molekülmasse: 244; 12 Flächen%. Ordinate: Ionenhäufigkeit. Abszisse: Massenzahl (Aufnahme: N. Vávra).

Kreide von Äthiopien beschriebenen fossilen Harz verwiesen.<sup>42</sup> Dem Verfasser liegen mittlerweile auch derlei Ergebnisse bezüglich einiger anderer fossiler Harze vor. Alles in allem scheinen diese Befunde das Material aus Golling in einen durchaus akzeptablen und größeren Zusammenhang zu stellen. Araukarien – im weitesten Sinne – bleiben also durchaus weiter im Bereich des Möglichen.

### „Großobjekte“

Sieht man hier von einem Fund im Miozän von Sarawak in Malaysia ab, für den ein Gewicht von 68 kg angegeben wird<sup>43</sup>, so stellen Funde fossiler Harze, die eines bis mehrere Kilogramm wiegen, meist die „Spitzengruppe“ dar. Ohne hier einer möglichen „Ranking List“ der weltweit größten Bernsteinstücke vorzugreifen, muss doch erwähnt werden, dass das Material

aus Golling auch in dieser Hinsicht einiges zu bieten hat. Das nach Kenntnisstand des Verfassers derzeit größte bekannte Stück mit 4,8 kg (Abb. 1) befindet sich in der Privatsammlung von W. Grubelnik<sup>44</sup> in Salzburg. Damit ist der Gollinger Bernstein zweifellos im internationalen Vergleich im Spitzenfeld, beispielsweise erwähnt D. Schlee<sup>45</sup> von dem bekannten Bernsteinmaterial aus der Dominikanischen Republik ein Stück von 48 cm Länge und einer Masse von gleichfalls 4,8 kg. B. Kosmowska-Ceranowicz erwähnt aus Golling nicht nur ein Einzelstück von 4,6 kg, sondern berichtet auch von insgesamt 30-50 Exemplaren von jeweils etwa 0,5 kg.<sup>46</sup> Vergleicht man zum Beispiel mit dem Kreidebernstein aus Äthiopien, so liegt auch aus diesem Material ein bemerkenswert großes Stück vor (etwa 1,15 kg). Es ist aber damit nicht nur wesentlich kleiner, sondern auch deutlich jünger als das Gollinger Material, sein Alter wird mit Oberem Cenoman (etwa 93-95 Ma) angegeben,

<sup>42</sup> Schmidt u.a. 2010. – siehe weiterführend die entsprechende Publikation im Internet.

<sup>43</sup> Langenheim 2003, 178, Abb. 4-10.

<sup>44</sup> Dieses Stück wird derzeit als Dauerleihgabe im Museum Burg Golling verwahrt.

<sup>45</sup> Schlee 1990, 22, Abb. 18.

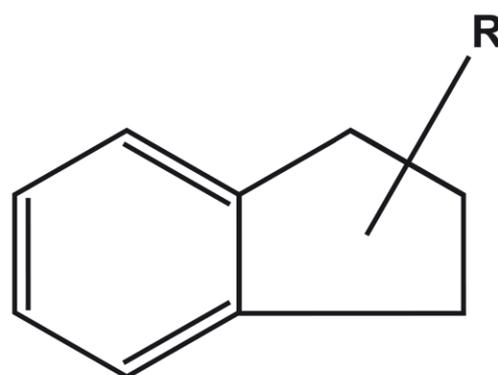
<sup>46</sup> Kosmowska-Ceranowicz 2012, 238-240.

also Mittelkreide.<sup>47</sup> Der „klassische“ Baltische Bernstein – der „Succinit“ sensu stricto – tritt hinsichtlich des Gewichtes der Funde des Materials aus Golling jedoch deutlich zurück. So wiegt beispielsweise ein Großobjekt, das bereits 1708 als Geschenk des Preußenkönigs Friedrich I. an den Württembergischen Hof kam und sich jetzt im „Bernstein-Kabinett“ des Museums am Löwentor in Stuttgart befindet „nur“ 1,5 kg.<sup>48</sup> Als größter „Klumpen“ des Baltischen Bernsteins wurde ein Stück von einer Maximallänge von 23 cm bezeichnet, welches das Wappen der Familie Blamgemberg aus Koszalin (Köslin) eingeschnitzt zeigt und in den Sammlungen des Museums der Erde in Warschau unter der Inventarnummer 7549 verwahrt wird (Gewicht: 1.785 g).<sup>49</sup> Eine reichhaltige Auswahl von Großobjekten aus den Sammlungen des „Museums der Erde“ in Warschau wurde von B. Kosmowska-Ceranowicz und A. Pielnińska<sup>50</sup> abgebildet und beschrieben: Exemplare zu 1.360 bzw. 1.160 g, sowie zahlreiche andere, jedoch deutlich kleinere Exemplare. Eine größere Anzahl von Bernsteinstücken (Succinit) aus quartären Sedimenten von jeweils mehr als 2.000 g wurde von M. Maisch und G. Schweigert<sup>51</sup> zusammengestellt.

### Botanische Herkunft

Eines der „klassischen“ Probleme der Bernsteinforschung stellt wohl die Suche nach dem „Bernsteinbaum“, das heißt die Ermittlung des Harzlieferanten dar. Selbst für den Baltischen Bernstein, den „Succinit“ im herkömmlichen Sinne ist wohl lange noch nicht das letzte Wort gesprochen. Bis in jüngste Zeit findet eine durchaus kontroverse Diskussion statt. Auch die umfangreichen kritischen Revisionen der im Succinit erhaltenen Pflanzenreste, wie sie vor allem mit dem Namen der polnischen Bernsteinforscherin H. Czezcott (1888-1982) verbunden sind, brachten zwar eine drastische Reduktion der pflanzlichen Gattungen und Arten aus dem „Bernsteinwald“ von ursprünglich fast 750 auf nur mehr 216 Taxa<sup>52</sup>, konnten jedoch bezüglich des Bernsteinproduzenten nur die Möglichkeiten aufzeigen bzw. einschränken.

Eine zusammenfassende Darstellung zu diesem Themenkreis findet sich bei U. Spahr.<sup>53</sup> Im Zusammenhang mit der Suche nach dem Harzlieferanten wurden auch Methoden einer Chemotaxonomie wiederholt angewandt; einen Einblick in diese Problematik bietet zum Beispiel die Diskussion bei G. Krumbiegel und B. Krumbiegel<sup>54</sup>, zusammenfassende Darstellungen der verschiedentlich erörterten botanischen Zusammenhänge wurden mehr-



**Abb. 7:** Schematisiertes Formelbild eines Dihydroindens, drei Verbindungen dieses Typs konnten in löslichen Fraktionen des Gollinger Bernsteins identifiziert werden. Sie unterscheiden sich durch Art und Anzahl der Substituenten („R“), ihre Molekülmassen betragen: 188, 244 und 258 (Grafik: M. Vávra).

fach publiziert.<sup>55</sup> Es gibt jedoch auch fossile Harze, für die eine recht befriedigende Lösung dieses Problems vorliegt. Als Beispiel sei hier auf die fossilen Harze aus der Dominikanischen Republik verwiesen, für die ein Vertreter der Gattung *Hymenaea* – ein baumförmiger Vertreter der *Leguminosae* – als Harzproduzent beschrieben wurde.<sup>56</sup> Selbst harzkonservierte Blätter dieses Baumes wurden mehrfach abgebildet und beschrieben.<sup>57</sup> Wie sieht nunmehr die Situation bezüglich der Harzfunde aus Golling aus? Hier waren es chemische Untersuchungen, die bereits sehr früh Anhaltspunkte in Richtung Araukarien als mögliche Harzproduzenten gebracht haben.<sup>58</sup> Durch die Untersuchungen von N. Vávra<sup>59</sup> kam als weiteres Argument der Nachweis von drei verschiedenen löslichen Inhaltsstoffen mit einwandfreier Dihydroinden-Struktur dazu: drei Substanzen mit den Molekülmassen 188 (6 Flächen%), 244 (12 Flächen%) und 258 (ca. 14 Flächen%) konnten als substituierte Dihydroindene identifiziert werden. Interpretiert wurden diese Inhaltsstoffe als Abbauprodukte von  $\beta$ -Sitosterol, einem pflanzlichen Steroid, das bereits vor längerer Zeit im Baltischen Bernstein nachgewiesen wurde.<sup>60</sup> Mag auch die genaue Beschaffenheit der Alkylsubstituenten offen geblieben sein, so wurde das Vorkommen der Dihydroinden-Struktur mittlerweile von C. Lühr<sup>61</sup> bestätigt. Dihydroinden-Derivate wurden mittlerweile auch in einem Kreideharz aus Äthiopien<sup>62</sup> sowie auch in (künstlich gealterten) rezenten Araukarienharn nachgewiesen.<sup>63</sup> Dieser letztere Befund bekräftigt gleichfalls eine Beziehung zu Araukarien. Ein Vergleich

<sup>47</sup> Schmidt u.a. 2010.

<sup>48</sup> Schlee 1990, 2-3, Abb. 1.

<sup>49</sup> Krumbiegel/Krumbiegel 2001, 25.

<sup>50</sup> Kosmowska-Ceranowicz-Pielnińska 2003.

<sup>51</sup> Maisch/Schweigert 2014.

<sup>52</sup> Beispielsweise: Czezcott 1961.

<sup>53</sup> Spahr 1993.

<sup>54</sup> Krumbiegel/Krumbiegel 2001.

<sup>55</sup> Beispielsweise: Poinar 1992, 26-27, Tab. 3.

<sup>56</sup> *Hymenaea protera*, siehe: Poinar 1992.

<sup>57</sup> Beispielsweise: Langenheim 2003, Plt. 25-26.

<sup>58</sup> Rottländer/Mischer 1970. – Bandel/Vávra 1981.

<sup>59</sup> Vávra 1999.

<sup>60</sup> Szykula u.a. 1990.

<sup>61</sup> Lühr 2004.

<sup>62</sup> Schmidt u.a. 2010.

<sup>63</sup> Lu u.a. 2013.

eines Infrarotspektrums aus jüngster Zeit<sup>64</sup> ergab jedoch angeblich Hinweise in Richtung Glessit bzw. Walchowitz, ein Befund welcher allerdings aufgrund der bisher identifizierten Inhaltsstoffe nicht aufrechterhalten werden kann. Die Anwendung einer einzelnen Methode kann in diesem Fall wohl nicht als ausreichendes Argument verwendet werden. Damit dürften wohl die stärksten chemischen Argumente nach wie vor in Richtung Araukarien weisen.

### Inklusenfunde

Abgesehen von einzelnen Hinweisen aus Sammlerkreisen berichtete zunächst D. Schlee<sup>65</sup> von Insektenresten aus dem Harzmaterial aus Golling: ein Männchen einer Gnitzenmücke (*Ceratopogonidae*), ein fragmentärer Rest einer Gallmücke (*Cecidomyiidae*) sowie ein etwas problematischer Fund eines Hautflüglers (*Hymenoptera*) wird von ihm angegeben. In den späten 1990er Jahren wurde sogar ein neues Taxon der *Ceratopogonidae* aus dem Gollinger Harz beschrieben: *Minyohelea casca*.<sup>66</sup> In dieser Arbeit werden auch ein dürftig erhaltener Vertreter der Gallmücken (*Porricondylinae*, *Cecidomyiidae*) sowie eine männliche Zuckmücke (*Chironomidae*) angegeben. Diese Funde – ergänzt durch die Abbildung eines Holzfragmentes – werden bei W. Winkler<sup>67</sup> sowie bei N. Vávra<sup>68</sup> zusammengefasst. Die von W. Winkler angegebenen zahlreichen Mikroeinschlüsse – hier als Pilzhyphen und Sporangien bezeichnet – wurden allerdings mittlerweile als Pseudofossilien erkannt, andererseits liegen aber aus dem Gollinger Harz auch echte Mikrofossilien vor, die nach Kenntnisstand des Verfassers aber bisher nicht publiziert wurden.<sup>69</sup> In Anbetracht des hohen Alters dieser Funde kommt ihnen jedoch wohl einige Bedeutung zu. Möglicherweise liegt auch noch so manches, bisher unbeschriebene Material in der Verborgenheit verschiedener (Privat)Sammlungen.

### Anorganische Einschlüsse

Eine der Besonderheiten des Bernsteins von Golling ist das gelegentliche Vorkommen von Mineraleinschlüssen. Es finden sich fallweise Hohlräume und Risse, die von Chalcedon oder Achat ausgefüllt werden.<sup>70</sup> Pyrit oder auch Calcit, die gleichfalls im Gollinger Harz angetroffen wurden, sind auch aus dem Succinit des Baltikums bekannt, Achat sowie Chalcedon sind jedoch echte Seltenheiten. Ein wirklich eindrucksvolles Stück mit einer etwa 1 cm großen Achatknolle wurde von D. Schlee abgebildet.<sup>71</sup>

<sup>64</sup> Kosmowska-Ceranowicz 2012.

<sup>65</sup> Schlee 1984.

<sup>66</sup> Borkent 1997, 2-4, Abb. 1/A-E.

<sup>67</sup> Winkler 2003.

<sup>68</sup> Vávra 2005.

<sup>69</sup> Persönliche Mitteilung von A. Schmidt (Göttingen).

<sup>70</sup> Schlee 1984. – Winkler 2003.

<sup>71</sup> Schlee 1990, 88.

### Besonderheiten

Abschließend seien hier noch einmal jene Besonderheiten hervorgehoben, die den Bernstein aus Golling so einzigartig machen und ihm seine besondere Wichtigkeit verleihen. Zunächst muss hier nochmals sein hohes geologisches Alter hervorgehoben werden, derart reiches Harzmaterial aus der Unterkreide ist sehr selten. Dazu kommt noch das relativ häufige Vorkommen von besonders großen Stücken. 4,8 kg für eines der Spitzenstücke (Abb. 1) stellt selbst in internationalen Vergleich eine Besonderheit dar, dazu kommt noch die geförderte Gesamtmenge von mehr als 0,5 Tonnen Material – für Österreich mit Abstand der mengenmäßig größte Bernsteinfund – aber auch im internationalen Maßstab durchaus beachtlich.

Die Funde einzelner Insekteninkluden sind – wiederum vor allem aufgrund ihres hohen geologischen Alters – für die Entomologie von großer Wichtigkeit. Es ist zu hoffen, dass die Sichtung weiteren Materials durch Spezialisten weitere Inkluden zustande bringen wird. Als letztes wären noch die zum Teil einzigartigen anorganischen Einschlüsse zu erwähnen, die das Gesamtbild dieses bedeutenden Harzfundes noch entsprechend abrunden.

### Danksagung

Großen Dank schuldet der Verfasser Herrn Univ.-Prof. i.R. Dr. A. Beran, Univ.-Prof. Mag. Dr. G. Giester sowie Mag. D. Talla (alle Institut für Mineralogie und Kristallographie der Universität Wien) für die Aufnahme zahlreicher Spektren. Herzlichen Dank auch allen Sammlern und Kollegen, die meine Arbeiten im Laufe der Jahre durch das Überlassen von Probenmaterial aus dem Bereich von Golling unterstützt haben: Dr. O. Cichocki (Vienna Institute for Archaeological Science), Ing. F. Dinterer (Leoben/Wien), Herr G. Fischer (Salzburg), Dr. E. Herndler (ÖMV), Herr Kretschmer, Univ.-Prof. Mag. Dr. E. Libowitzky (Institut für Mineralogie und Kristallographie der Universität Wien), Herr K. Zach, Univ.-Prof. Mag. Dr. R. Zetter (Institut für Paläontologie der Universität Wien) und Herr L. Zima (Salzburg). Für das Foto der Grabungsarbeiten bin ich Herrn G. Fischer (Salzburg), für das Foto des Bernsteinstückes aus der Sammlung von W. Grubelnik bin ich Herrn S. Krutter (Museum Burg Golling) und für die grafische Gestaltung der Abbildungen meinem Sohn Martin Vávra (Wien) zu Dank verpflichtet.

## Literaturverzeichnis

**Anderson u. a. 1992**

K. B. Anderson/R. E. Winans/R. E. Botto, The nature and fate of natural resins in the geosphere II. Identification, classification and nomenclature of resinites. *Organic Geochemistry* 18, 1992, 829-841.

**Bandel/Vávra 1981**

K. Bandel/N. Vávra, Ein fossiles Harz aus der Unterkreide Jordaniens. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Monatshefte* 1, 1981, 19-33.

**Borkent 1997**

A. Borkent, Upper and Lower Cretaceous Biting Midges (Ceratopogonidae: Diptera) from Hungarian and Austrian Amber and the Koonwarra Fossil Bed of Australia. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde B* 249, 1997, 1-10.

**Czeczott 1961**

H. Czeczott, The flora of the amber and its age. *Prace Muzeum Ziemi* 4, 1961, 139-145.

**Exel 1993**

R. Exel, Die Mineralien und Erzlagerstätten Österreichs (Wien 1993).

**Faupl/Tollmann 1979**

P. Faupl/A. Tollmann, Die Roßfeldschichten: Ein Beispiel für Sedimentation im Bereich einer tektonisch aktiven Tiefseerinne aus der kalkalpinen Unterkreide. *Geologische Rundschau* 68, 1979, 93-120.

**Fischer 1982**

G. Fischer, Harzfunde aus der Unterkreide von Golling, Salzburg. *Pyrit* 2, 1982, 14-16.

**Fugger 1878**

E. Fugger, Die Mineralien des Herzogthumes Salzburg. XI. Jahres-Bericht der k. k. Ober-Realschule in Salzburg (Salzburg 1878).

**Heck 1999**

G. Heck, Py-GC-Analysen zur Unterscheidung von Bernstein. *Berliner Beiträge zur Archäometrie* 16, 1999, 211-240.

**Kosmowska-Ceranowicz 2012**

B. Kosmowska-Ceranowicz, Bursztyn w Polsce I na świecie. *Amber in Poland and the World* (Warschau 2012).

**Kosmowska-Ceranowicz/Pielińska 2003**

B. Kosmowska-Ceranowicz/A. Pielińska, Bryły bursztynu – fenomen przyrody. *Amber Nodules – a phenomenon of nature* (Warschau 2003).

**Krüger 1999**

F. J. Krüger, Bernstein aus den Alpen. *Fossilien* 5/99, 1999, 270-275.

**Krumbiegel/Krumbiegel 2001**

G. Krumbiegel/B. Krumbiegel, *Faszination Bernstein* (Korb 2001).

**Langenheim 2003**

J. H. Langenheim, *Plant Resins. Chemistry, Evolution, Ecology, and Ethnobotany* (Portland, Cambridge 2003).

**Lu u. a. 2013**

Y. Lu/Y. Hauteville/R. Michels, Determination of the molecular signature of fossil conifers by experimental palaeochemotaxonomy. Part 1: The Araucariaceae family. *Biogeosciences* 10, 2013, 1943-1962.

**Lühr 2004**

C. Lühr, *Charakterisierung und Klassifikation von fossilen Harzen* (unveröff. Dissertation, Universität Duisburg-Essen 2004).

**Maisch/Schweigert 2014**

M. Maisch/G. Schweigert, *Bernstein. Fossile Harze aus aller Welt. Fossilien – Sonderheft 2014* (Wiebelsheim 2014).

**Mischer u. a. 1970**

G. Mischer/H.-J. Eichhoff/T.-E. Haevernick, *Herkunftsuntersuchungen an Bernstein mit physikalischen Analysenmethoden. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums in Mainz* 17, 1970, 111-122.

**Plöching 1968**

B. Plöching, Die Hallstätter Deckscholle östlich von Kuchl/Salzburg und ihre in das Aptien reichende Roßfeldschichten-Untertage. *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 1968, 1968, 80-86.

**Plöchinger 1983**

B. Plöchinger, Salzburger Kalkalpen. In: M. P. Gwinner (Hrsg.), *Sammlung Geologischer Führer* 73 (Berlin, Stuttgart 1983).

**Poinar 1992**

G. O. Poinar, *Life in Amber* (Stanford 1992).

**Rottländer/Mischer 1970**

R. Rottländer/G. Mischer, *Fossil-Lagerstätten, Nr. 11: Chemische Untersuchungen an libanesischem Unterkreide-Bernstein. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Monatshefte* 11, 1970, 668-673.

**Savkevitch 1981**

S. S. Savkevitch, *Physical Methods Used to Determine the Geological Origin of Amber and Other Fossil Resins. Some Critical*

*Remarks. Physics and Chemistry of Minerals* 7, 1981, 1-4.

**Schlee 1984**

D. Schlee, Notizen über einige Bernsteine und Kopale aus aller Welt. In: D. Schlee (Hrsg.), *Bernstein-Neuigkeiten. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde C18*, 1984, 29-37.

**Schlee 1985**

D. Schlee, Der österreichische Bernstein von Golling. *Goldschmiede Zeitung* 8/85, 1985, 70-73.

**Schlee 1990**

D. Schlee, *Das Bernstein-Kabinett. Begleitheft zur Bernsteinausstellung im Museum am Löwentor, Stuttgart. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde C28* (Stuttgart 1990).

**Schmidt u. a. 2010**

A. R. Schmidt/V. Perrichot/M. Svojtka/K. B. Anderson/K. H. Belete/R. Bussert/H. Dörfelt/S. Jancke/B. Mohr/E. Mohrmann/P. C. Nascimbene/A. Nel/P. Nel/E. Ragazzi/G. Roghi/E. E. Saube/K. Schmidt/H. Schneider/P. A. Seiden/N. Vávra, Cretaceous African life captured in amber. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107/16, 2010, 7329-7334.

**Sorg/Krebs 1986**

M. Sorg/B. Krebs, Zur Anwendung der Pyrolyse-Gaschromatographie auf vergleichend chemische Untersuchungen fossiler Harze. *Zeitschrift für angewandte Geologie* 32/3, 1986, 76-77.

**Spahr 1993**

U. Spahr, *Systematischer Katalog und Bibliographie der Bernstein – und Kopalflora. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde B195*, 1993, 1-99.

**Strasser 1968**

A. Strasser, Über den Neufund eines fossilen Harzes in der Weitenau bei Golling/Salzburg. *Aufschluss* 19/1, 1968, 17.

**Strasser 1989**

A. Strasser, *Die Minerale Salzburgs* (Salzburg 1989).

**Streibl u. a. 1976**

M. Streibl/S. Vašičková/V. Herout/V. Bouška, Chemical composition of Cenomanian fossil resins from Moravia. *Collection of Czechoslovakian Chemical Communications* 41, 1976, 3138-3145.

**Szykula u. a. 1990**

J. Szykula/C. Hebda/J. Orpiszewski/R. Auchholz/A. Szykiewicz, *Studies on*

Neutral Fraction of Baltic Amber. *Prace Muzeum Ziemi* 41, 1990, 15-20.

**Vávra 1993**

N. Vávra, Chemical Characterization of Fossil Resins ("Amber") – A Critical Review of Methods, problems and Possibilities: Determination of Mineral Species, Botanical Sources and Geographical Attribution. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 49, 1993, 147-157.

**Vávra 1999**

N. Vávra, Fossil resins from Austria: biomarkers detected in Rosthornite (Eocene, Carinthia), Köflachite (Miocene, Styria) and a resin from the Lower Cretaceous of Salzburg. In: B. Kosmowska-Ceranowicz/H. Paner (Hrsg.), *Investigations into Amber. Proceedings of the International Interdisciplinary Symposium: Baltic amber and other Fossil Resins. 997 Urbs Gyddanyze -1997 Gdańsk, 2-6 September 1997 (Gdańsk 1999)*, 219-230.

**Vávra 2005**

N. Vávra, Bernstein und verwandte organische Minerale aus Österreich. *Beiträge zur Paläontologie* 29, 2005, 255-280.

**Vávra 2011**

N. Vávra, Systematik und Nomenklatur fossiler Harze. In: B. Kosmowska-Cerano-

wicz/N. Vávra (Hrsg.), *Eigenschaften des Bernsteins und anderer fossiler Harze aus aller Welt*. In: B. Dybaś (Hrsg.), *Editorial Series of the Scientific Centre of the Polish Academy of Sciences. Conference Proceedings and Monographs* 10, 2011, 39-54.

**Weller/Wert 1984**

M. Weller/C. Wert, Neue physikalische Untersuchungen zur Struktur der Moleküle im Bernstein. In: D. Schlee (Hrsg.), *Bernstein-Neuigkeiten. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde* C18, 1984, 85-100.

**Williams/Fleming 1985**

D. H. Williams/I. Fleming, *Strukturaufklärung in der organischen Chemie. Eine Einführung in die spektroskopischen Methoden* (Stuttgart, New York 1985).

**Winkler 1999**

W. Winkler, Fossil resins (amber) and their sedimentological environment. New investigation methods and their application in mineralogy, gemology, archaeometry, and industry (unveröff. Dissertation, Universität Salzburg 1999).

**Winkler 2003**

W. Winkler, Eine Mineralogische Besonderheit aus dem Lammertal, Salzburg/Österreich. *Fossile Harze aus der Unterkreide. A mineralogical speciality from Lammer val-*

ley, Salzburg/Austria. Fossil resin from the Lower Cretaceous. In: J. T. Weidinger/H. Lobitzer/I. Spitzbart (Hrsg.), *Beiträge zur Geologie des Salzkammerguts. Contributions to the Geology of the Salzkammergut Region, Austria. Gmundner Geo-Studien* 2, 2003, 337-342.

**Winkler 2004**

W. Winkler, Advantages of FT-Raman spectroscopy in amber research. *Prace Muzeum Ziemi* 47, 2004, 29-35.

**Winkler u. a. 2000**

W. Winkler/E. C. Kircher/M. Musso/A. Asenbaum, Maturation processes of natural resins – a possible way of illustration. In: D. Rammlmair/J. Mederer/T. Oberthür/R. B. Heimann/H. Pentinghaus (Hrsg.), *Applied mineralogy – in Research, Economy, Technology, Ecology and Culture. Proceedings of the 6th International Congress ICAM 2000, 13.-21. July 2000 in Göttingen (Rotterdam 2000)*, 939-942.

**Winkler u. a. 2001**

W. Winkler/E. C. Kirchner/A. Asenbaum/M. Musso, A Raman spectroscopic approach to the maturation process of fossil resins. *Journal of Raman Spectroscopy* 32, 2001, 59-63.

## Autorenverzeichnis

Norbert Vávra  
 Institut für Paläontologie  
 Universität Wien  
 Althanstraße 14  
 A-1090 Wien  
*norbert.vavra@univie.ac.at*