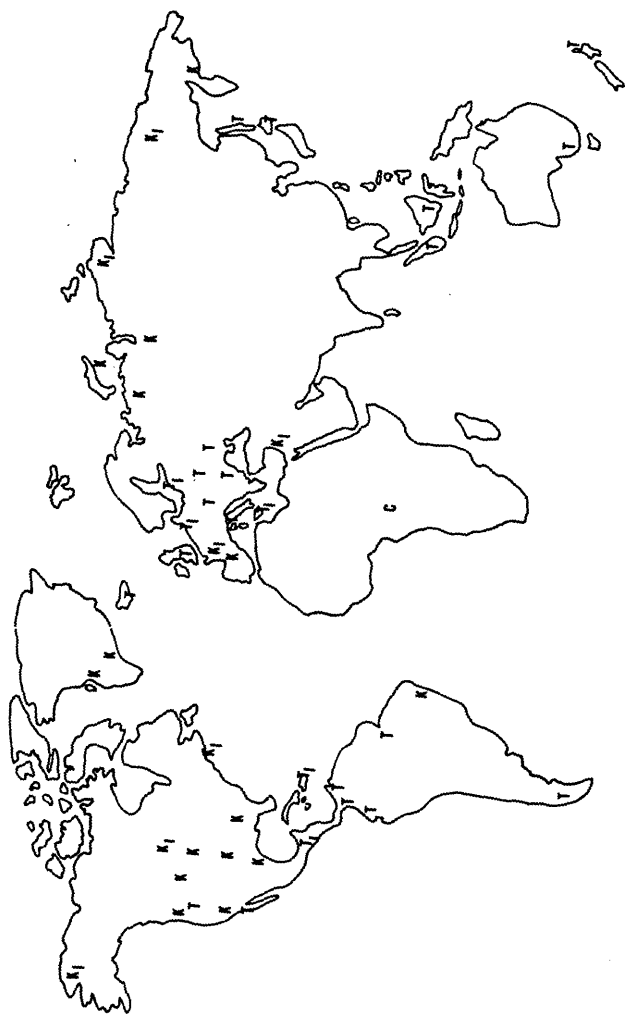


# **Bernstein - die Tier- und Pflanzenwelt fossiler Harze**

**Von Univ.Doz.Dr. Norbert Vávra, Wien**

Vortrag gehalten am 20. 1. 1982

Bei der Nennung des Wortes „Bernstein“ denkt man wohl zunächst an das vielzitierte „Gold des Nordens“, jenes Material, das seit den frühesten Tagen der Menschheitsgeschichte im Bereich der Ostsee, hauptsächlich im Samland, gewonnen wird. Somit ist der Begriff Bernstein wohl fast untrennbar mit dem Bereich des Baltikums verknüpft. Die Tatsache, daß sich auch im Bereich der Nordsee, wie z. B. in der Umgebung der Elbemündung, Bernstein findet, ist bereits weit weniger geläufig. Daß sich fossile Harze aber auf fast allen Kontinenten gefunden haben, daß sie dort zum Teil in ganz beträchtlichen Mengen vorkommen, ja zum Teil sogar bergmännisch gewonnen wurden oder auch noch werden, ist vielfach unbekannt (Abb. 1). Der Simitit aus Sizilien, der Rumänit aus Rumänien, der Allingit aus Savoyen, der



Cedarit aus Kanada, der Schraufit aus der Bukowina, der Ajkait aus Ungarn, der Rosthormit, Köflachit und Jaulingit aus Österreich und viele andere mehr könnten da genannt werden. Der Birmitt aus Burma wäre ein Beispiel für ein Harz, das man früher in bescheidenem Umfang bergmännisch gewonnen hat; die Harze aus der Dominikanischen Republik (Haiti) dürften neben dem baltischen Material derzeit die einzigen sein, die in größerem Umfang abgebaut werden. Die Harze aus dem südlichen Mexiko - aus der Provinz Chiapas - wurden schon zur Zeit der Azteken als wertvolle Handelsware geschätzt.

Aber nicht nur als Schmuckstein, als (angebliches) Heilmittel gegen Krankheiten verschiedenster Art oder als Duftstoff bei religiösen Zeremonien waren diese pflanzlichen Exkrete der Vorzeit in mannigfacher Weise verwendet worden: vor der Zeit der modernen Kunststoffchemie waren vor allem die (wohl meist pleistozänen) Kopale aber auch der baltische Bernstein als Rohstoff der chemischen Industrie sehr gefragt. Firnisse und Lacke wurden aus Bernstein oder Kopalen hergestellt; ja selbst die Bernsteinsäure, ein wichtiges Ausgangsprodukt für die Farbstoff- und Arzneimittelchemie wurde seiner-

---

Abb. 1: Einige Vorkommen fossiler Harze: K... Kreideharz,  
K<sub>1</sub>... Kreideharz mit Inkluden, T... Tertiärharz,  
T<sub>1</sub>... Tertiärharz mit Inkluden, C... Kopalharz  
(Angaben nach SCHLEE & GLÖCKNER, 1978; es konnten selbstverständlich nur die wichtigsten Harzfunde eingetragen oder angedeutet werden, dies gilt besonders für Europa).

zeit aus dem baltischen Bernstein gewonnen. Daß Bernstein als Rohmaterial für die Herstellung von Rauchrequisiten ein besonders gefragtes Material war, gerät wohl schon langsam in Vergessenheit - Wien war einige Zeit hindurch eines der wichtigsten Zentren dieses verschollenen Handwerks, der Bernsteindrechslerei.

Bernstein und andere fossile Harze sind Produkte, die sich durch eine nur z. T. näher bekannte Reaktionsfolge aus den Harzen vorzeitlicher Bäume gebildet haben. Als Bewohner der gemäßigten Zone denkt man wohl in erster Linie an Koniferen und tatsächlich spricht alles dafür, daß sich der eigentliche baltische Bernstein, der Succinit, von Verwandten unserer Koniferen herleitet. Daneben kommen aber im subtropischen und tropischen Bereich eine ganze Reihe anderer Pflanzen als Erzeuger von Harzen in Frage: verwiesen sei hier z. B. auf baumförmige Leguminosen (z. B. der Gattung *Hymenaea*), welche die Harze aus Chiapas (Mexiko) gebildet haben (LANGENHEIM, 1966), auf Burseraceae, die nicht nur Weihrauch und Myrrhe liefern, sondern die auch einige fossile Harze hinterlassen haben, oder z. B. auf *Pistacia*, die das Mastixharz liefert; ein fossiles Pistacienharz wurde übrigens aus dem Pleistozän Israels beschrieben (LANGENHEIM, 1969).

Mit Hilfe aufwendiger chemischer Methodik (Infrarotspektroskopie, Massenspektroskopie etc.) kann die Erzeugerpflanze eines fossilen Harzes in einzelnen Fällen zumindest wahrscheinlich gemacht oder auch

in durchaus glaubhafter Weise identifiziert werden. Eine große Ungenauigkeit hat sich allerdings bei der Verwendung des Begriffes „Bernstein“ eingebürgert: streng genommen ist dieser Begriff nur für den Succinit zu verwenden, gleichgültig, ob er aus dem Baltikum stammt oder ob es sich um ein fossiles Harz aus einer ganz anderen Gegend handelt, das nach seinem Chemismus als Succinit anzusprechen ist. Ganz abzulehnen ist die Praxis, alle fossilen Harze mit Ausnahme der Kopale als „Bernstein“ zu klassifizieren. Es würde nämlich vieles, das oft gut unterscheidbar ist, mit einem gemeinsamen Begriff belegt, was zu Mißverständnissen Anlaß geben muß. Das Alter fossiler Harze kann sehr unterschiedlich sein: die ältesten Harze stammen nach glaubhaften Angaben aus dem Karbon (Schlesien, England). Selten sind Harze aus Trias oder Jura. Richtig häufig werden Harzfunde erst ab der Kreide. Ins Tertiär - genauer gesagt wohl in das Obereozän - gehört auch der Succinit des Baltikums. Das genaue geologische Alter ist in manchen Fällen nicht exakt feststellbar, da Harze relativ leicht verfrachtet und somit in jüngere Schichten umgelagert werden können.

Für den Paläontologen sind fossile Harze wegen ihres oft beträchtlichen Fossilreichtums von größter Wichtigkeit. In oft vorzüglichem Erhaltungszustand findet sich hier, was unter anderen Bedingungen der Fossilisation meist verloren geht. Besonders die reichen Insektenfaunen des Bernsteins sind ja wohl allgemein bekannt. Aber nicht nur der baltische

Succinit liefert „Inklusen“, sondern auch so manches andere Harz, wodurch die Kenntnis der vorzeitlichen Lebewelt, vor allem was die Insekten betrifft, wesentlich erweitert wird, da diese Harze z. T. unterschiedliches Alter haben und aus verschiedenen Klimazonen stammen.

### **Was sind „Inklusen“?**

Als Inklusen kann man ganz allgemein Fossilien bezeichnen, die in einer transparenten Matrix eingebettet werden; sieht man von Sonderfällen - wie z. B. dem Vorkommen von Mollusken in Gipskristallen im Oligozän Frankreichs (DURAND, 1919) oder von Fossilien in Cölestinkristallen im Mokattamkalk Ägyptens (ANDRÉE, 1913) - ab, so bleiben die Harzinklusen als einziges, wirklich wesentliches Beispiel dieser Art über. Als Fossilien unterliegen Inklusen dann aber auch der allgemeinen Definition, wonach ein Fossil einen Überrest (oder eine Spur) eines präholozänen Organismus darstellt. Damit müssen aber auch Inklusen mindestens pleistozänes Alter aufweisen, um als Fossilien zu gelten. Damit würden aber Kopalinklusen zum Teil ausscheiden, da sie teilweise wohl jünger sind. So mancher dieser Insektenreste im Kopal wäre demnach nur als „subfossil“ zu bezeichnen.

### **Wie kommen die Insekten ins Harz?**

Eine gewisse Vorstellung davon, wie die meisten der Tiere ins Harz gelangten, erhält man, wenn man von

der Beobachtung ausgeht, daß z. B. im baltischen Material die meisten Inkluden in den sogenannten „Schrauben“ zu finden sind. Dabei handelt es sich um Bernsteinstücke mit deutlich erkennbarer Schichtung, an deren Grenzflächen sich die Insektenreste oder auch vom Wind verfrachtete Pflanzenreste und dgl. mehr befinden. Die Entstehung dieser Gebilde kann man sich etwa wie folgt vorstellen: mehr oder weniger großflächige Harzergüsse wirkten nach Art eines Fliegenfängers und wurden aber selbst wiederum nach einer gewissen Zeit von einem weiteren Harzfluß bedeckt. So entstanden Stücke, die oft eine mehrfache Schichtung mit deutlich erkennbaren Grenzflächen aufweisen. Nicht nur das Harz aus dem Baltikum zeigt diese Schrauben, sondern z. B. auch viele Stücke des Dominikanischen Materials. Daneben gibt es selbstverständlich aber auch Fälle, wo besonders dünnflüssiges Harz die Organismen einfach umflossen und mitgerissen und so schließlich eingebettet hat. Gelegentlich lassen Stücke noch deutlich die Fließrichtung des Harzes erkennen.

### **Wie kam es zu dieser reichlichen Harzproduktion?**

Um die oft beträchtlichen Mengen fossiler Harze erklären zu können, die in Harzlagerstätten angereichert sind, muß man unter anderem für die harzliefernden Pflanzen eine außergewöhnlich starke Harzproduktion annehmen. Als Ursache für diese gesteigerte Harzproduktion nahm CONWENTZ

(1890) auf Grund pathologischer Befunde an Holzproben der Bernsteinkiefer an, daß diese starke Harzabscheidung mit holzschädigenden Insekten, parasitischen Pilzen und dgl. mehr einerseits, mit Blitzschlag, Waldbrand, Sturm und den daraus folgenden mechanischen Verletzungen der Bäume andererseits zusammenhängt. Bereits BACHOFEN-ECHT (erwähnt in MÄGDEFRAU, 1968) sowie SCHUBERT (1961) äußerten sich aber skeptisch zu diesen Vorstellungen und nannten Klimaänderungen als Ursache für die gesteigerte Harzproduktion. Als rezentes Modell sei hier vor allem auf die Bestände der „Kaurifichte“ (*Agathis*) in Neuseeland verwiesen. Sie liefert eine gute Vorstellung davon, welche Harzmengen produziert werden können, auch ohne mechanische Beschädigung und dergleichen mehr.

### **Der Erhaltungszustand der Inklusen**

Bernsteininklusen bestehen im allgemeinen nur aus dünn ausgekleideten Hohlräumen; sie würden beim Versuch, sie herauszulösen vollständig zerfallen. Trotzdem ist dies der beste Erhaltungszustand, um feinste Strukturen bis hin zur Auflösungsgrenze des Lichtmikroskops bei Fossilien zu untersuchen. Die eingeschlossenen Reste sind meist weder verdrückt noch geschrumpft. Allerdings ist das baltische Harzmaterial oft getrübt, eine weiße Schicht umgibt häufig mindestens eine Seite der Inklusen.

Vor allem beim dominikanischen Material läßt sich jedoch beobachten, daß das Innere der Insekten



manchmal gleichfalls vom Harz ausgefüllt ist (SCHLEE & GLÖCKNER, 1978, S. 10. Anm.). Im Falle der Inkluden aus dem Cenoman Frankreichs (SCHLÜTER, 1978) ist der Hohlraum mit Pyrit oder einer anderen Mineralsubstanz ausgefüllt.

Im Gegensatz zur Vorstellung, daß die Inkluden im wesentlichen nur Hohlräume darstellen, erwähnt aber bereits ANDRÉE (1936), daß in einzelnen Fällen auch Deckflügel, Tracheenfragmente und dgl. mehr erhalten sind. Mit Hilfe von Dünnschliffen, aber vor allem mit der Lackfilmmethode (VOIGT, 1938) konnte man dann tatsächlich den Beweis erbringen, daß noch Organteile vorhanden sind: Tracheen, Muskulatur, Darmreste, Eierschläuche etc. (BISMARCK, 1981). Ein Extremfall von vorzüglicher Erhaltung wurde vor kurzem von POINAR & HESS (1982) beschrieben. Am Beispiel einer Pilzmücke aus baltischem Material - auch hier war übrigens der Hohlraum mit Harz ausgefüllt - konnten neben Muskelfasern sogar Zellbestandteile sichtbar gemacht werden: Zellkern, Ribosomen, Lipidtröpfchen, endoplasmatisches Reticulum und Mitochondrien. Damit wurde wohl erstmals die Ultrastruktur einer 40 Millionen Jahre alten tierischen Zelle unter dem Elektronenmikroskop sichtbar. Nach Meinung der genannten Autoren dürften die im Harz enthaltenen Zucker und Terpene bei harzkonservierten Tierresten zu einer Dehydratation des Organismus führen; andererseits dürften aber wohl bestimmte im Harze enthaltene Substanzen direkt die Erhaltung be-

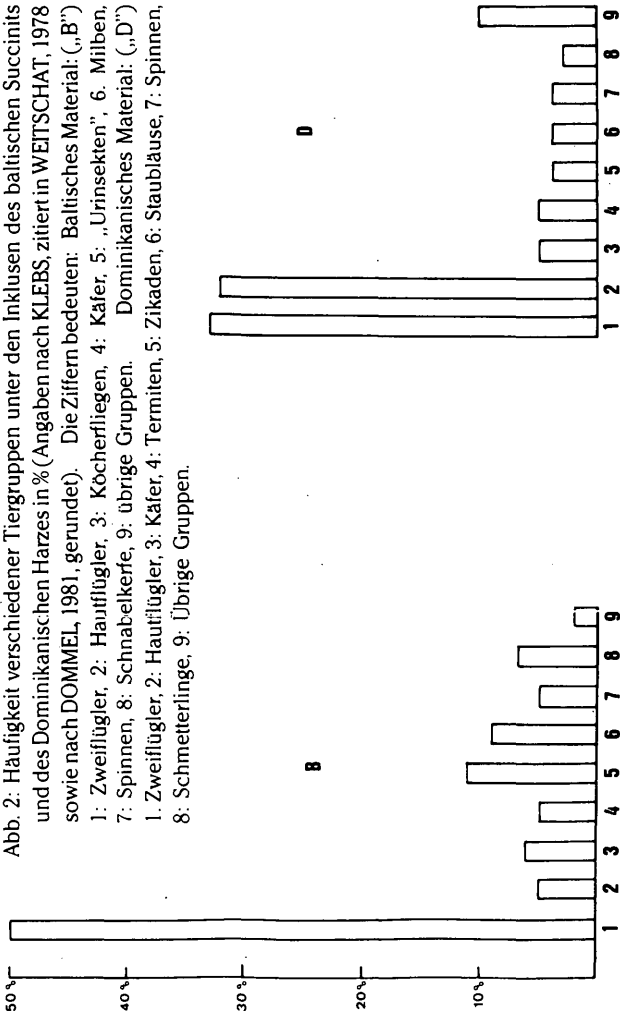
günstigen. Der Erhaltungszustand wird als eine Art Extremfall einer Mumifizierung bezeichnet.

### **Was findet man als Inkluse?**

Trotzdem die in fossilen Harzen erhalten gebliebenen Reste eine fast unglaubliche Formenmannigfaltigkeit der Fauna und Flora überliefert haben, wäre es vollkommen falsch anzunehmen, daß wir hier ein lückenloses Dokument einer Pflanzen- und Kleintierwelt vor uns haben. Das überlieferte Material kann vielmehr als ein Musterbeispiel dafür betrachtet werden, was man heute meist (SEILACHER) als „Fossilisationspotential“ bezeichnet: jeder Organismus hat eine bestimmte Chance, fossil überliefert zu werden. Das Fossilisationspotential von Insekten ist im allgemeinen extrem niedrig, die Konservierung in Harzen bildet hier eine der wichtigsten Ausnahmen. Die einzelnen Gruppen von Insekten werden aber in höchst unterschiedlichem Ausmaß überliefert. Große, starke Tiere können sich, so sie überhaupt ans Harz geraten, befreien und sind daher im Harz überhaupt nicht oder nur sehr selten anzutreffen. Libellen gehören vor allem im baltischen Material zu den größten Seltenheiten überhaupt. Heuschrecken und Gottesanbeterinnen sind äußerst selten und nur als Larven bekannt. Formen der freien Landschaft fehlen im baltischen Inklusenmaterial meist völlig - dies ist wohl auch mit ein Grund für die Seltenheit der Libellen. Bestimmte Biozönosen des Waldes sind jedoch sehr stark vertreten: Formen, die auf oder

unter der Rinde leben; Formen, die in der Nähe der Wurzeln von Bäumen vorkamen etc. Wie man aus Abb. 2 ersieht, sind es vor allem Vertreter der Dipteren (Mücken und Fliegen), welche die Hauptmenge der Inklusen darstellen; sie waren wohl einerseits besonders häufig, gerieten darüber hinaus besonders leicht ins Harz und konnten sich auch andererseits kaum mehr aus dem Harz befreien. So ergibt das Material der Kleintierwelt, wie es uns die Harze überliefern zwar ein sehr detailreiches Bild, ein Bild jedoch, das stark verzerrt ist und trotz seiner Formenmannigfaltigkeit nicht alle Kenntnislücken schließen kann. Neben den Insekten, die ja mit Abstand den Hauptanteil der Inklusen ausmachen, sind zahlenmäßig vor allem Spinnen aber auch die vielfach wegen ihrer geringen Größe übersehenen Milben zu erwähnen. Gut vertreten sind ganz allgemein Angehörige der sogenannten „Nadelholzfauna“, Formen also, die im Holz oder auf der Rinde gelebt haben: z. B. bestimmte Käferfamilien wie die Anobiidae, Cerambycidae, Curculionidae, Ipidae, Bostrychidae etc., daneben aber auch Blattläuse, Rindenwanzen, Ohrwürmer usft. Reichlich vertreten sind auch die Formen der Fauna des Waldbodens, die an Wurzelstöcken, im Baummulm und unter toter Rinde leben: Asseln, Tausendfüßer, Springschwänze, Ameisen etc. Eine Reihe von Formen gestattet weitreichende Schlußfolgerungen über die Ökologie des „Bernsteinwaldes“: Formen, die in irgend einer Weise mit Wasserläufen verbunden sind, wie z. B. Eintagsfliegen,

Abb. 2: Häufigkeit verschiedener Tiergruppen unter den Inkluden des baltischen Succinitis und des Dominikanischen Harzes in % (Angaben nach KLEBS, zitiert in WEITSCHAT, 1978 sowie nach DOMMEL, 1981, gerundet). Die Ziffern bedeuten: Baltisches Material: („B“) 1: Zweiflügler, 2: Hautflügler, 3: Köcherfliegen, 4: Käfer, 5: „Urinsekten“, 6: Milben, 7: Spinnen, 8: Schnabelkerfe, 9: übrige Gruppen. Dominikanisches Material: („D“) 1: Zweiflügler, 2: Hautflügler, 3: Käfer, 4: Termiten, 5: Zikaden, 6: Staubläuse, 7: Spinnen, 8: Schmetterlinge, 9: Übrige Gruppen.



Steinfliegen und Köcherfliegen lassen auf die Existenz von Flüssen und Bächen schließen. Termiten - von denen sich aus naheliegenden Gründen nur Geschlechtstiere im baltischen Bernstein finden - sind wiederum wichtige Hinweise bezüglich des Klimas.

Neben zahlreichen Resten der Kleintierwelt hat der baltische Bernstein selbstverständlich auch zahlreiche Pflanzenreste geliefert, die von CZECHOTT (1961) revidiert wurden: neben den Resten der „Bernsteinkiefer“ finden sich auch andere Koniferenarten, daneben aber auch Reste (Blüten!) von Eichen; ja sogar Palmenreste sind bekannt geworden. Die sogenannten „Sternhaare“ der Eichen, wie sie sich an jungen Knospen bilden und in großer Zahl abgestoßen werden, sind durch ihr häufiges Vorkommen fast so etwas wie ein „Markenzeichen“ des baltischen Bernsteins (WEITSCHAT, 1978) und können mit herangezogen werden, um die Echtheit eines Stückes zu beweisen.

*Palaeogammarus balticus*, ein im baltischen Bernstein erhaltener Flohkrebs (Amphipoda) (Abb. 3) ist nicht nur eines der bekannten Beispiele jener Funde, die dem Paläontologen einen Einblick in sonst fossil kaum überlieferte Gruppen gegeben haben, sondern beweist auch wiederum das reichliche Vorkommen von Gewässern im „Bernsteinwald“. (BACHOFEN-ECHT, 1949, S. 43 und LARSSON, 1978, S. 119). Als weitere „Rarität“ sei noch auf den ersten sicheren Beleg eines fossilen Myxomyceten (Schleimpilz)

durch DOMKE (1952) verwiesen. Ein besonders reizvolles Kapitel stellt der Beitrag der Harzinklusen zur Paläoparasitologie dar. Es soll hier nicht auf die nachgewiesenen, zahlreichen Vertreter der Blattläuse, Schildläuse u. dgl. mehr eingegangen werden,



Abb. 3: *Palaeogammarus balticus*, ein in baltischem Bernstein gefundener Flohkrebs (Amphipoda), eine der rezenten Gattung *Gammarus* sehr ähnliche Form (nach BACHOFEN-ECHT, 1949, umgezeichnet).

sondern einiges zu jenen Formen gesagt werden, die mit Säugetieren in Beziehung stehen. Das berühmteste Beispiel - wenn nicht das berühmteste Bernsteinfossil überhaupt - ist wohl der „Bernsteinfloh“, *Palaeopsylla* (DAMPF, 1911 und HENNIG, 1939). Von dieser Gattung liegen aus dem Bernstein zwei verschiedene Arten vor. Beide Arten zeigen jedoch, daß sie sich morphologisch schon ganz im Rahmen dessen befanden, „was bei den Flöhen heute üblich ist“ (PEUS, 1968). Die Evolution der Flöhe war also sichtlich im Eozän bereits in ihren wesentlichen Abschnitten beendet. - Eine Tatsache, die wohl auch für die Mehrzahl der anderen Insekten, ja für einen nicht unbeträchtlichen Teil der Arthropoden überhaupt Gültigkeit haben dürfte. Mögen auch beide aus dem Bernstein vorliegenden Floharten ausgestorben sein, die Bindung der Gattung *Palaeopsylla* an Insektenfresser (Soricidae, Spitzmäuse oder an Talpidae, Maulwürfe) darf wohl ohne weiteres auch für die fossilen Formen angenommen werden. PEUS (loc. cit.) hat angenommen, daß die Vollendung der Evolution der Flöhe sicher schon sehr viel weiter zurückliegt - eine Annahme, die sich bereits 2 Jahre später voll und ganz bestätigt hat: WOLPOFF (1970) berichtete über zwei Flöhe aus der Unterkreide Australiens, von denen der eine (es handelt sich wiederum um zwei verschiedene Arten!) bestimmten modernen Flöhen ähnelt. Dieser Autor kommt schließlich zur Schlußfolgerung, daß sich die Flöhe parallel zu den ersten Säugern an der Wende

Trias/Jura aus nematoceren Dipteren (Mücken) entwickelt haben dürften.

Ein weiterer interessanter Fund im Bernstein, der gleichfalls in das Gebiet der Paläoparasitologie gehört, ist der Nachweis von Läusenissen auf Säugerhaaren. Bei diesem von VOIGT (1952) äußerst sorgfältig studierten Fund handelt es sich um Eier von Phthirapteren (Tierläuse, also Mallophaga oder Anoplura) und damit um den ersten fossilen Nachweis dieser Insekten überhaupt. Bei dem, mehrere hundert Haare zählenden Haarbüschel handelt es sich wahrscheinlich um Haare eines Nagetieres aus der Gruppe der Sciuromorpha („Hörnchenverwandte“).

Erwähnenswert ist auch noch der Erstfund einer Zecke (*Ixodes succineus*), die von WEIDNER (1964) beschrieben wurde. Damit ist ein Arbeitsgebiet angesprochen, wo bezüglich der Bernsteininkluden noch einiges zu tun wäre: nach SELLNICK (zitiert nach WEIDNER, 1964) finden sich Milben nämlich in 3 - 4 % aller Schlauben. Hier bestehen zweifellos noch große Kenntnislücken. Das von WEIDNER beschriebene Exemplar des *Ixodes* ist nicht nur die erste aus dem Bernstein stammende Zecke, sondern vermutlich die erste tertiäre Zecke überhaupt.

Soweit einiges zu den Inkluden im baltischen Succinit; nähere Angaben finden sich z. B. bei BACHOFEN-ECHT (1949) und bei LARSSON (1978).



### **Verhaltensweisen - im fossilen Harz überliefert**

Wohl zu den aussagekräftigsten Stücken zählt jenes Inklusenmaterial, das nicht nur einzelne Organismen sondern in irgendeiner Weise auch ihre Verhaltensweise überliefert hat. Nahrungsaufnahme, Begattung, Brutpflege und dgl. mehr sind ja Dinge, die dem Paläontologen meist nicht durch direkte Befunde am Material zugänglich sind. Umso erfreulicher, daß die Harzinklusen hierzu eine Reihe von Beispielen geliefert haben - Material, das wohl in den Arbeitsbereich der „Paläoethologie“, der Erforschung der Verhaltensweise vorzeitlicher Organismen gehört.

Ein gelegentlich abgebildetes Beispiel dieser Art (z. B. ZALEWSKA, 1974, Taf. X) sind Stücke mit Spinne und Beutetier. Was gerade die Jagdmethoden der Spinnen betrifft, so gibt es dazu eine ganze Reihe interessanter Belege. So beschreibt z. B. BACHOFEN-ECHT (1949) eine Springspinne (Salticidae), die noch ihren Faden nachschleppte, als sie ins Harz geriet. Springspinnen dürften also schon zur Zeit des „Bernsteinwaldes“ ihre typische Jagdmethode entwickelt gehabt haben: sie befestigen ihren Faden an einem Stein oder Stamm, springen sodann ihre Beute an und baumeln mit ihr dann frei in der Luft. Auch eine weitere Fangmethode, mittels Wurfnetz, ist von BACHOFEN-ECHT durch einen entsprechenden Fund belegt worden. Reste der kunstvoll gebauten Netze der Radspinnen finden sich gleichfalls als Inklusen. Eine kennenswerte Ergänzung zur

Dokumentation der Lebensweise der Spinnen stellt der von SCHLEE (1980) aus dominikanischem Material publizierte Erstnachweis eines Spinnenkokons (Gespinstkugel) als Schutzraum für die Brut dar.

Zahlreich sind Abbildungen in der Literatur zu finden, die verschiedene Dipteren in Copula zeigen, wohl der einzige Fall, daß Fortpflanzungsverhalten vom Paläontologen direkt beobachtet werden kann.

Die Art und Weise wie Pseudoskorpione („Bücher-skorpione“) auch heute noch ihr Verbreitungsgebiet erweitern, indem sie sich nämlich an Mücken festklammern und mitnehmen lassen („Phoresie“) wurde 1978 von SCHLEE abgebildet, nachdem so ein Beispiel bereits von BACHOFEN-ECHT (1935) abgebildet worden war (Pseudoskorpion an einer Schlupfwespe, Braconidae). Verschiedene Schmarotzer wie Milben oder Nematoden wurden gleichfalls nachgewiesen.

Auch das Ameisenleben ist reichlich durch Harzinklusen dokumentiert: Ameisen in Copula oder bei der Fütterung (Abb. bei BACHOFEN-ECHT, 1949), sowie beim Tragen der Larven (BACHOFEN-ECHT, 1935, Fig. 509) oder als Beute einer Spinne (BACHOFEN-ECHT, 1935, Fig. 514). Besonders eindrucksvoll ist in diesem Zusammenhang das von SCHLEE (1980) abgebildete dominikanische Material, das den Transport von Larven und Puppen zeigt.

## **Wirbeltierreste in fossilen Harzen**

Reste von ganzen Wirbeltieren wurden aus fossilen Harzen immer wieder behauptet: jedoch haben sich „Bernsteinfrösche“ ebenso als Fälschungen erwiesen wie fast alle „Bernsteineidechsen“ (vgl. hierzu GRABERT & GRABERT, 1959; bzw. SCHLÜTER, 1978). Auch „Bernsteinfische“ wurden von Fälschern angefertigt und zur Zeit, da die Theorie aktuell war, daß Bernstein das Erstarrungsprodukt irgendwelcher submariner Austritte organischer Substanzen sei („Petroleumtheorie“), waren sie willkommene Belege für diese Annahme. Was an echten Wirbeltierresten verbleibt, ist nicht allzu viel: die „Königsberger Eidechse“ aus dem baltischen Material, sowie Funde von *Anolis* aus dem mittelamerikanischen Raum. Als erster dieser Funde muß hier die Angabe von LAZELL (1965) über einen Nachweis von *Anolis*resten in Harz aus dem Simojovel-Gebiet (Chiapas, südliches Mexiko) erwähnt werden (Oligozän/Miozän). Dann sei noch auf die neuen Funde der gleichen Gattung in dominikanischem Material verwiesen (RIEPEL, 1980 bzw. SCHLEE, 1980). Die Gattung *Anolis* ist rezent ja als eine Art Modell für die Ökologie der Kolonisation und für die Artbildung auf kleinen Inseln bekannt geworden.

Abgesehen von diesen Funden sei, was die Wirbeltiere betrifft, vor allem noch auf die - allerdings seltenen - Funde von Vogelfedern verwiesen. Hier sind vor allem die Angaben in den Arbeiten von

BACHOFEN-ECHT (1936, 1949) zu erwähnen. An neueren Funden muß hier unbedingt die älteste in Harz konservierte Vogelfeder, die von SCHLEE (1973) beschrieben wurde, erwähnt werden. Sie stammt aus dem Kreideinkludenmaterial des Libanon und zeigt bereits ein erstaunlich hohes Ausmaß an Differenzierung und funktionellem Gefüge. Wärmedämmende Eigenschaften waren bereits optimal mit elastischer Beweglichkeit und extrem geringem Gewicht verbunden (vgl. SCHLEE & GLÖCKNER, 1978).

Im Zusammenhang mit Wirbeltierresten in Harzen sei hier nochmals auch die bereits weiter oben besprochenen Funde von Parasiten (Läuse, Flöhe, Zecken), sowie auf andere Kleintierfunde verwiesen (Bremsen, Stechfliegen, Stechmücken), die indirekt auf bestimmte Säugergruppen schließen lassen. Der einzige direkte Beweis in diese Richtung sind die seltenen Funde von Säugerhaaren.

Ein interessantes Objekt, das selbstverständlich keine Inkluse darstellt, sondern in das Kapitel „Spurenfossilien“ einzureihen wäre, ist das von BACHOFEN-ECHT (1949, Abb. 188) abgebildete Trittsiegel eines kleinen Säugetieres auf einem Bernsteinblock (Beuteltier oder primitives Raubtier?).

### **Inkludenfunde außerhalb des Baltikums**

Wie schon eingangs erwähnt, hat nicht nur der Succinit und damit überwiegend das Baltikum, sondern auch viele andere fossile Harze Inkluden

geliefert (vgl. Abb. 1). Da die Insekten zur Zeit der Bildung des baltischen Succinits bereits zum größten Teil ihre Evolution, zumindest in den Grundzügen beendet hatten, kommt hier vor allem älteren Harzen eine besondere Bedeutung für die Paläoentomologie zu. Hier sind vor allem die Kreideharze aus dem Libanon zu erwähnen, die eine reichhaltige Insektenfauna geliefert haben: Orthoptera (Geradflügler), Psocoptera (Staubläuse), Heteroptera (Wanzen), Coleoptera (Käfer), Hymenoptera (Hautflügler), Diptera (Zweiflügler) etc. Der Fund der ältesten Vogelfedern im gleichen Material wurde bereits weiter oben erwähnt.

Darüber hinaus haben aber auch noch Harze der französischen Mittelkreide Inkluden geliefert (z. B. SCHLÜTER, 1978), sowie Oberkreideharze Kanadas und Alaskas, Oberkreideharze New Jerseys und vor allem die Oberkreideharze Sibiriens. Auch hier überwiegen wiederum Fliegen und Mücken: 70 % Zweiflügler, 13 % Hautflügler, alle anderen Gruppen (Eintagsfliegen, Blattläuse, Rindenläuse, Netzflügler etc.) je unter 4 % (Werte für das sibirische Material: nach SCHLEE & GLÖCKNER, 1978 und der dort angeführten Literatur).

Es haben aber auch Harze, die oft nur in kleinen Mengen zu finden sind, Inkluden geliefert, als Beispiel sei hier aus Österreich das eozäne „Copalin“ aus Gablitz bei Wien (BACHMAYER, 1962, 1968 und 1973) sowie der Simitit Siziliens (möglicherweise Miozän) erwähnt (SCHLÜTER, 1975). Bei den In-

klusenfunden im Burmit Burmas handelt es sich jedoch (nach einer Revision russ. Autoren, pers. Mitt. Prof. SAVKEVICH, Leningrad) um Material aus burmesischen Kopalfunden.

Unter den „exotischen“ tertiären Harzen muß vor allem das Harz aus Chiapas (südliches Mexiko) erwähnt werden, das neben dem schon erwähnten Reptilrest (*Anolis*) auch eine Vielzahl anderer Inklusen geliefert hat (nach HURD et al., 1962): Tausendfüßer, Spinnen, Milben, Schaben, Käfer, Springschwänze, Ohrwürmer, Zweiflügler, (davon: u. a. Zuckmücken, Stechmücken, Tauffliegen, Tanzfliegen, Trauermücken, Schnaken), Schnabelkerfe, Hautflügler, Termiten, Schmetterlinge, Schnabelfliegen, Netzflügler, Grillen, Heuschrecken, Fransenflügler und Köcherfliegen.

Die Besonderheit des zur Zeit in großer Menge im Handel erhältlichen Materials aus der Dominikanischen Republik (Haiti) liegt in seinem vorzüglichen, fast immer trübungsfreien Erhaltungszustand, in der unglaublich großen Zahl an Inklusen und dem relativ häufigen Vorkommen großer Organismen. Das Material stammt von mehreren, verschiedenen Fundorten, die z. T. auch unterschiedliches geologisches Alter haben. (siehe DOMMEL, 1981, S. 14). Einen Überblick über die Häufigkeit der einzelnen Gruppen gibt die Darstellung auf Abbildung 2 (zusammengestellt nach DOMMEL, loc. cit., S. 16). Das „berühmteste“ Fossil dieses dominikanischen Harzes ist zweifellos der sogenannte „Nasensoldat“.

Diese Vertreter der Soldatenkaste der „Nasutitermitinae“, die rezent mit etwa 50 Gattungen und fast 500 Arten in allen Tropengebieten vorkommen, haben den Kopf zu einer Art Spritzdüse umgeformt, aus der sie ein klebriges Sekret ausstoßen können, um damit den Gegner kampfunfähig zu machen. (Abb. siehe bei SCHLEE & GLÖCKNER, 1978 bzw. SCHLEE, 1980).

Niemand hatte erwartet, so hoch spezialisierte Termitentypen je in fossilem Material anzutreffen bis diese Stücke aus Haiti gefunden wurden.

### **Pseudoinklusen**

Mit diesem Begriff werden durch chemisch-physikalische Prozesse entstandene Gebilde bezeichnet, die irrtümlich als Inkluse beschrieben wurden oder vielleicht für eine solche gehalten werden könnten. Der Ausdruck „Pseudoinkluse“ wurde m. W. - wohl als ein Analogon zum Begriff Pseudofossil - von SCHUBERT eingeführt. Das bekannteste Beispiel hierfür sind wohl die von diesem Autor (1964) eingehend untersuchten angeblichen Korallen in Bernstein, die von KIRCHNER (1944, 1950) beschrieben worden waren. KIRCHNER war von der Richtigkeit seiner Deutung fest überzeugt und davon nicht abzubringen (pers. Mitt. Prof. VOIGT, Hamburg). Erst die Arbeiten SCHUBERTS zeigten, daß hier überhaupt keine Inklusen vorlagen, sondern „innere Krustenbildungen“, die die angeblichen Korallen vortäuschten. Als Pseudoinklusen zu bezeichnen

sind ferner die sogenannten „Sonnenflinten“ - Brechungs- und Beugungserscheinungen an kapillaren Flächen im Inneren des Bernsteins (SCHUBERT, 1965) sowie die bekannten Dendriten, die auch in fossilen Harzen auftreten können (Abb. z. B. bei SCHLEE, 1980 für Material aus der Dominikanischen Republik).

### **Fälschungen von Inkluden**

Die Anfertigung von Inkluden, um die Nachfrage in betrügerischer Weise zu befriedigen, ist wohl sehr alt. Es gibt im Wesentlichen drei Arten von Fälschungen, die gelegentlich im Handel auftauchen (Angaben z. B. bei DOMMEL, 1981):

- 1) Echter Bernstein mit rezenten Tieren
- 2) Bernsteinimitationen mit rezenten Tieren und Pflanzen
- 3) Kopalinkluden, die als Bernstein angeboten werden.

Bei den unter 2) und 3) angeführten Fälschungen geht es also um die Unterscheidung Kunstharz/Bernstein bzw. Kopal/Bernstein, wofür einige Methoden zur Verfügung stehen. Ein einfacher Test, der fast alle Kunstharze deutlich von fossilen Harzen unterscheiden läßt, ist die Bestimmung des spezifischen Gewichtes: die Kunstharze sind schwerer als fossile Harze und sinken daher in einer gesättigten Kochsalzlösung unter, Bernstein, Kopal und andere fossile Harze schwimmen an der Oberfläche. Kopal



läßt sich wiederum von Bernstein durch die sogenannte „Ätherprobe“ unterscheiden: beim Betupfen mit einem äthergetränkten Wattebausch (ca. 1 Minute einwirken lassen) zeigt Kopal eine Trübung, die zumindest mit einer Lupe deutlich zu erkennen sein soll, Bernstein jedoch nicht. Dieser Test beruht auf der unterschiedlichen Löslichkeit der beiden Produkte. Darüber hinaus gibt es noch eine ganze Reihe weiterer Unterscheidungsmöglichkeiten (Einzelheiten siehe: DOMMEL, 1981 sowie VÁVRA, 1982). Was nun aber das Hineinpraktizieren rezenter Organismen betrifft, so kann man es zumeist daran erkennen, daß ein Bernsteinstück zerschnitten wurde, um die erforderliche Höhlung hineinzufräsen. Bei starker Schrägbeleuchtung und Beobachtung mit einer Lupe sollte man also eine Spiegelfläche erkennen können. Raffinierte Fälscher spalten freilich eine Schlaube (geschichtete Bernsteinvarietät) entlang der Grenzfläche; diese Methode ist sichtlich bereits sehr alt, wie dem Bericht eines Danzinger Bernsteinarbeiters zu entnehmen ist (zitiert in ANDRÉE, 1939). Hier wird es bereits wesentlich schwieriger, die Fälschung zu erkennen. Aber ein meist auffallend großer Hohlraum um den Einschluß herum kann der erste Hinweis auf das Vorliegen einer Fälschung sein. Generell sollte man sich darüber klar sein, daß seltene oder größere Insekten oder Pflanzenteile, wenn sie vielleicht noch dazu in klaren Stücken vielleicht sogar noch mit Farberhaltung vorliegen, mit größter Skepsis und Vorsicht zu

betrachten sind. Frisches Aussehen der Organismenreste ist bei baltischen Inkluden oft genug ein erster Hinweis, daß hier möglicherweise etwas nicht stimmt. Farberhaltung beispielsweise ist nämlich bei Inkluden aus dem Samland keineswegs häufig.

Ganz anders ist der Sachverhalt bei den Inkluden aus der Dominikanischen Republik: hier sind klare Stücke ausgesprochen häufig, Farberhaltung und größere Insekten wesentlich häufiger als im baltischen Material. Auch ist bei diesem Material bisher weder etwas über Fälschungen bekannt, noch ist es hier notwendig, die Stücke durch irgendwelche „Nachbehandlungen“ zu „klären“ oder sonstwie attraktiver zu gestalten. Die Stücke kommen - abgesehen vom Schleifen und Polieren - praktisch unverändert in den Handel, was bei baltischem Material nur selten der Fall sein dürfte.

Als ein brauchbares Mittel, um die Fälschungen von Wirbeltierinkluden zu erkennen erwies sich auch die Röntgenuntersuchung nach STÜRMER: Fälschungen konnten auf Grund des noch vorhandenen Skelettes erkannt werden (vgl. die Angaben bei GRABERT & GRABERT, 1959, bzw. SCHLÜTER, 1978).

Gestattet der vorzügliche Erhaltungszustand und der enorme Formenreichtum der uns in fossilen Harzen überlieferten Flora und Fauna auch einen einzigartigen Einblick in die Erd- und Lebensgeschichte, mögen die Schlußfolgerungen hinsichtlich Klimatologie und Ökologie auch noch so interessant und

weitreichend sein, ein Nachteil bleibt leider für viele Harzinklusen bestehen: die ungenaue Kenntnis des geologischen Alters der Funde. Es bleibt zu hoffen, daß hier eine genaue Erforschung der Entstehung von Harzlagerstätten (siehe z. B. DIETRICH, 1975) ein besseres Verstehen und auch mehr Sicherheit bringen wird. Geben doch vor allem die Inklusenfundes in kretazischen Harzen und die zahlreichen Funde im mittelamerikanischen Raum berechtigten Anlaß zur Hoffnung, daß hier noch viele neue Erkenntnisse zur Stammesgeschichte der Insekten und zur Paläobiogeographie zu erwarten sind.

### Literatur

- ANDER, K. (1942): Die Insektenfauna des baltischen Bernsteins nebst damit verknüpften zoogeographischen Problemen. - Lunds Univ. Arsskrift, N. F. Avd. 2. **38**, (4), d. i. Kungl. Fysiografiska Sällskapets Hand., N. F. **53**, (4), 3 - 82.
- ANDRÉE, K. (1913): Über den Cölestin im Mokattamkalk von Ägypten nebst allgemeinen Bemerkungen über sedimentäre Cölestinorkommen und einem Anhang über Stylocoenia. - N. Jb. Miner. **37**, 343 - 390.
- ANDRÉE, K. (1936): Die wissenschaftliche Bedeutung des Bernsteins und neuere Bernsteinforschungen. - Forsch. Fortschr. **12**, 357 - 359.
- ANDRÉE, K. (1939): Über Inklusen im allgemeinen und über Bernsteininklusen und Bernsteininklusenfälschungen im besonderen. Bernsteinforsch. **4**, 52 - 77.
- BACHMAYER, F. (1962): Fossile Pilzhyphen im Flyschharz des Steinbruchs im Höbersbachtal bei Gablitz in Niederösterreich. - Ann. Naturhist. Mus. Wien **72**, 639 - 643.
- BACHMAYER, F. (1973): Ein Myrica (?) - Blatt im Flyschharz. - Ann. Naturhist. Mus. Wien **77**, 59 - 62.

- BACHOFEN-ECHT, A. (1935): Tod im Bernstein. - In: ABEL, O.: Vorzeitliche Lebensspuren, 601 - 619, Jena, Fischer.
- BACHOFEN-ECHT, A. (1936): Das Vorkommen von Federn in Bernstein. - Nova Acta Leopoldina **4**, 341 - 348.
- BACHOFEN-ECHT, A. (1949): Der Bernstein und seine Einschlüsse.-Wien, Springer.
- BISMARCK, R. v. (1981): Bernstein - das Gold des Nordens. - In: Wanderndes Museum Schleswig-Holstein, Heft 3, Neumünster, Wachholtz.
- CONWENTZ, H. (1980): Monographie der baltischen Bernsteinbäume. *Vergleichende Untersuchungen über die Vegetationsorgane und Blüten, sowie über das Harz und die Krankheiten der baltischen Bernsteinbäume.* - Danzig, Naturforschende Gesellschaft.
- CZECZOTT, H. (1961): The flora of the Baltic Amber and its age. - Prace Mus. Ziemi **4**, 119 - 145.
- DAMPF, A. (1911): *Palaeopsylla klebsiana* n. sp., ein fossiler Floh aus dem baltischen Bernstein.-Schr. Phys.-ökonom. Ges. Königsberg i. Preuß. **51**, 248 - 259.
- DIETRICH, H.-G. (1975): Fossil-Lagerstätten, Nr. 34, Zur Entstehung und Erhaltung von Bernstein-Lagerstätten 1: Allgemeine Aspekte.-N. Jb. Geol. Paläont. Abh. **149**, 248 - 259.
- DOMKE, W. (1952): Der erste sichere Fund eines Myxomyceten im baltischen Bernstein (*Stemonitis splendens* ROST. fa. succini fa. nov. foss.).-Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg **21**, 154 - 161.
- DOMMEL, G. (1981): Was sie unbedingt über Bernstein wissen sollten ... -Düsseldorf, Ambar del Caribe.
- DURAND, J. (1913): Sur des coquilles fossiles en inclusions dans les cristaux de gypse limpide de l'Oligocène de Narbonne.-C. R. Séances Acad. Sci. **156**, 156 - 157.
- GRABERT, G. & GRABERT, H. (1959): Ein falscher Bernsteinfrosch.-Natur Mus. **89**, 23 - 27.
- HENNIG, W. (1939): Über einen Floh aus der Bernsteinsammlung des Herrn SCHEELE.-Arb. Morphol. taxonom. Ent. Berlin-Dahlem **6**, 330 - 332.

- HURD, P. D., SMITH, R. F. & DURHAM, J. W. (1962): The fossiliferous amber of Chiapas, Mexico. *Cienc.* **21**, 107 - 118.
- KIRCHNER, G. (1944): Korallen im Bernstein.-*Umsch.* **48**, 113-115.
- KIRCHNER, G. (1950): Submarine Bernsteinanschlüsse.-*Endeavour*, **9**, 70 - 75.
- LANGENHEIM, J. H. (1966): Botanical Source of Amber from Chiapas, Mexico.-*Cienc.* **24**, 201 - 210.
- LANGENHEIM, J. H. (1969): Baltic Amber - a Palaeobiological Study In: LYNEBORG, L. (Hrsg.): *Entomograph*, Bd. 1, Klampenborg, Scandinavian Science Press.
- LAZELL, J. D. jr. (1965): An *Anolis* (Sauria, Iguanidae) in Amber.- *J. Paleont.* **39**, 379 - 382.
- MÄGDEFRAU, K. (1968): *Paläobiologie der Pflanzen*. 4. Aufl.-Stuttgart, Fischer.
- PEUS, F. (1968): Über die beiden Bernstein-Flöhe (Insecta, Siphonaptera). -*Paläont. Z.* **42**, 62 - 72.
- POINAR, G. O. & HESS, R. (1982): Ultrastructure of 40-million-year-old Insect tissue.-*Sci.* **215**, 1241 - 1242.
- RIEPEL, O. (1980): Green anole in Dominican amber. *Nature*, **286**, 486 - 487.
- SCHLEE, D. (1973): Harzkonservierte Vogelfedern aus der untersten Kreide.-*J. Ornithologie* **114**, 207 - 219.
- SCHLEE, D. (1980): Bernstein-Raritäten, Farben, Strukturen, Fossilien, Handwerk.-Stuttgart, Staatliches Museum f. Naturkunde (Hrsg.): *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*, Ser. C, Nr. 8, Stuttgart.
- SCHLÜTER, T. (1975): Zur Systematik und Palökologie harzkonserverter Arthropoda einer Taphozönose aus dem Cenomanium von NW-Frankreich.-*Berliner Geowiss. Abh.*, Reihe A, **9**, 1-150.
- SCHUBERT, K. (1961): Neue Untersuchungen über Bau und Leben der Bernsteinkiefer (*Pinus succinifera* (CONW.) emend.). Ein Beitrag zur Paläohistologie der Pflanzen.-*Beih. Geol. Jb.* **45**, 3 - 149.
- SCHUBERT, K. (1964): Chemisch-physikalische Prozesse im

- Inneren des Baltischen Bernsteins 1. Die innere Kruste.-Natur Mus. **94**, 259 - 264.
- SCHUBERT, K. (1965): Chemisch-physikalische Prozesse im Inneren des Baltischen Bernsteins 2. Die „Sonnen“-Flinten-Beugungserscheinungen des Lichts an kapillaren Spaltflächen des Steininnern.-Natur Mus. **95**, 261-270.
- VÁVRA, N. (1982): Bernstein und andere fossile Harze. - Z.Dt.Gemmol.Ges., Jg. 31, (4), 213 - 254.
- VOIGT, E. (1938): Eine neue Methode zur mikroskopischen Untersuchung von Bernstein-Einschlüssen.-Forsch. Fortschr. **14**, 55 - 56.
- VOIGT, E. (1952): Ein Haareinschluß mit Phthirapteren-Eiern im Bernstein.-Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg **21**, 59 - 74.
- WEIDNER, H. (1964): Eine Zecke, *Ixodes succineus* sp. n., im baltischen Bernstein.-Veröff. Überseemus. Bremen (A) **3**, 143 - 151.
- WEITSCHAFT, W. (1978): Leben im Bernstein.-Hamburg, Geolog.-Paläont. Institut Universität Hamburg.
- WOLPOFF, M. H. (1970): Lower Cretaceous Fleas.-Nature **227**, 746 - 747.
- ZALEWSKA, Z. (1974): Amber in Poland.-Warschau, Wydawnictwa, Geologiczne.