

Zeitschrift: Entomologica Basiliensia
Herausgeber: Naturhistorisches Museum Basel, Entomologische Sammlungen
Band: 22 (2000)

Artikel: Der endkreidezeitliche Impakt und das Überleben der Raphidiopteren
Autor: Aspöck, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-980912>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Entomologica Basiliensia	22	223-233	2000	ISSN 0253-24834
--------------------------	----	---------	------	-----------------

INTERNATIONALE ENTOMOLOGEN-TAGUNG BASEL 1999

Der endkreidezeitliche Impakt und das Überleben der Raphidiopteren

von H. Aspöck

Abstract. The Cretaceous-Tertiary Impact and the Survival of the Raphidioptera.

It is a well-founded hypothesis that 65 mio. years ago an extraterrestrial impactor, most probably an asteroid, of possibly 10 km diameter hit the earth thus causing a global catastrophe which led not only to tremendous earth-quakes, global fires and gigantic tsunamis, but in particular to darkness and to a drastic decrease of temperature and thus interruption of photosynthesis and, after all, to an extinction of at least 50 % (possibly up to 70 %) of all species of plants and animals within a short period.

The Raphidioptera (snake-flies) represent one of the smallest insect orders with an estimated total of about 250 extant species (in two families: Raphidiidae and Inocelliidae), 206 of which have so far been described. Presently, the distribution is restricted to certain arboreal parts of the Holarctic. A period of low temperature (winter) is a precondition for the metamorphosis of all extant Raphidioptera, thus the tropical regions lack snake-flies.

In the Mesozoic Raphidioptera were, however, prevalent in a much higher biodiversity comprising also many species (genera, families) in regions with a tropical climate. An extraordinarily rich material of fossils has emerged which leads to the conclusion that snake-flies were abundant insects in the Mesozoic occurring throughout many parts of the world and also in the Southern Hemisphere. Since the Tertiary, however, only those two families have been known which form the present-day Raphidioptera and which need a period of low temperature.

It is hypothesised that the global disaster resulting from the collision of an asteroid 65 mio. years ago led to an extinction of most Raphidioptera, in particular also of all those species (genera, families) which were adapted to tropical climates. Those species (genera, families), however, which were adapted to a cold climate could survive. Raphidioptera have larval periods of usually two or three years duration. Larvae are extremely polyphagous feeding on any soft-bodied arthropods, but even sometimes on detritus. They live under bark or in upper layers of soil. The number of instars varies from about 10 to 15 depending on the amount of food available and on temperature, and also the duration of the developmental period is not fixed. These are excellent preconditions for a survival during the cold, dark period following the impact at the K-T-boundary.

Keywords. Raphidioptera - Mesozoic - meteoric impact - phylogeny - biology - fossils

Einleitung

Im Jahre 1980 veröffentlichten der Physiker und Nobelpreisträger Luis Alvarez und sein Sohn, der Geologe Walter Alvarez, gemeinsam mit F. Asaro und H.V. Michel in *Science* eine inzwischen berühmt gewordene Arbeit, in der sie die Hypothese einer extraterrestrischen Ursache für das Artensterben zu Ende der Kreide zu begründen suchten. In den folgenden Jahren konnte diese Hypothese vielfach untermauert werden (ALVAREZ & al. 1982, ALVAREZ & ASARO 1990, HSÜ 1986, O'KEEFE & AHRENS 1989); sie ist heute von Geologen, Geophysikern, Geochemikern, Astrophysikern und Astronomen im wesentlichen als weitgehend gesichert anerkannt.

Seit Jahren ist bekannt, daß Artenzahl und Verbreitungsareal der heute auf der Erde lebenden Raphidiopteren im Vergleich zur Situation im Mesozoikum nur einen kärglichen, zusammengeschrumpften Rest darstellen (H. ASPÖCK, U. ASPÖCK & RAUSCH 1991, U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 1994). Bei der Suche nach den Ursachen für das weitgehende Verschwinden der Raphidiopteren zu Ende des Mesozoikums hat sich die Überlegung eines kausalen Zusammenhangs mit dem endkreidezeitlichen Impakt geradezu aufgedrängt (H. ASPÖCK 1998).

Umstände und Folgen des Impakts

Die in den Geowissenschaften heute vorherrschende Auffassung zu dem Ereignis an der Grenze von Kreide zu Tertiär (K-T-Impakt), läßt sich folgendermaßen zusammenfassen (D'HONDT & al. 1996, KÖBERL 1996, 1998, RAMPINO & HAGGERTY 1996, RYDER 1996, TOON & al. 1997, VAAS 1995):

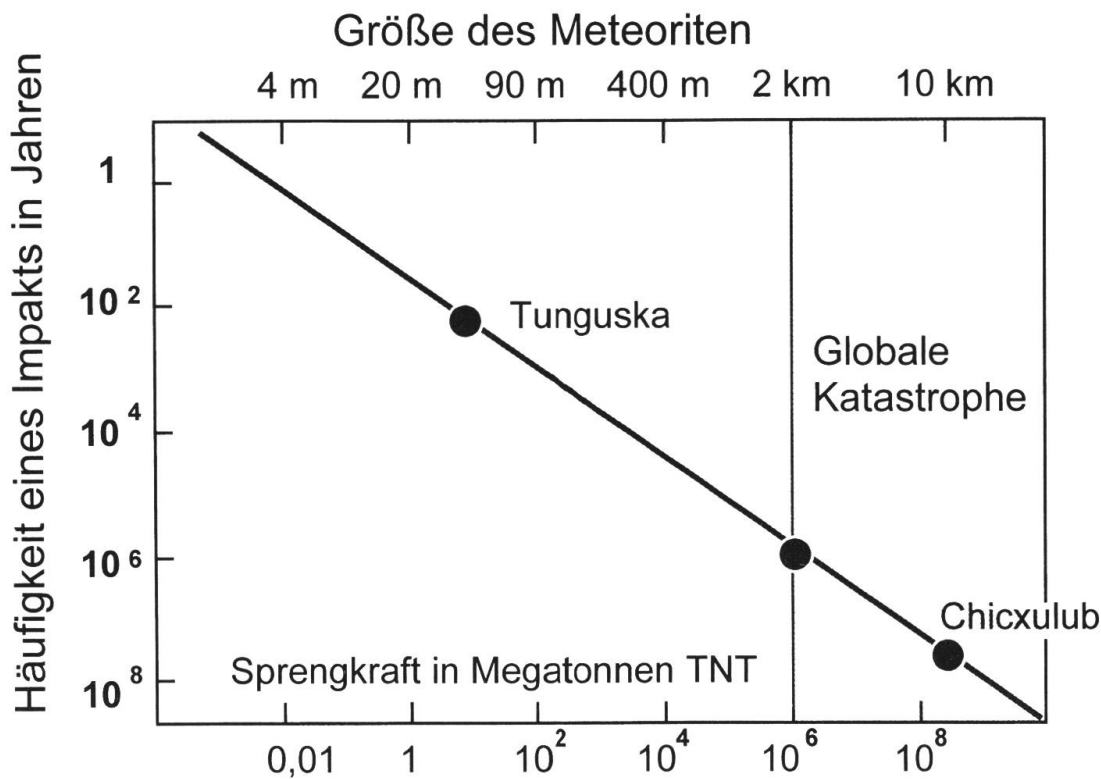


Abb. 1. Beziehung zwischen Durchmesser eines die Erde treffenden Meteoriten, Häufigkeit des Einschlags, Sprengkraft (angenommene Aufprallgeschwindigkeit: 20 km/sec.) und Ausmaß der Auswirkung (verändert und vereinfacht nach KÖBERL 1998, WYNN & SHOEMAKER 1999 und anderen Autoren). Der 1908 über Sibirien explodierte Tunguska-Meteorit hatte verheerende, aber dennoch nur geographisch beschränkte Folgen. Die Grenze zur globalen Katastrophe liegt bei etwa 2 km Durchmesser. Die Größe des Impakts an der K-T-Grenze (Chicxulub-Impakt) wird mit 10 km angenommen.

Vor etwa 65 Mio. Jahren - also zu jener Zeit, die das Ende der Kreidezeit markiert - raste ein Bolide - wahrscheinlich ein Asteroid, also ein Kleinplanet (= Planetoid), von etwa 10 km Durchmesser - im Bereich des heutigen Golfs von Mexiko, an der Nordküste der Halbinsel Yukatan, mit einer Geschwindigkeit von 20-40 km/sec. in die Erde¹). Die Helligkeit und die Wärmestrahlung dieses Boliden während der Annäherung an die Erde und nach dem Eintauchen in die Erdatmosphäre müssen jene der Sonne kurzfristig um ein Vielfaches übertroffen haben. Der Aufprall auf der Erde verursachte einen Krater von etwa 40 km Tiefe und 200-300 km Durchmesser²).

Um eine Vorstellung von der Sprengenergie zu vermitteln: Atomsprengekörper haben 50 t bis 60 Mt³). Die 1945 über Hiroshima abgeworfene Atombombe hatte 13,5 Kt, der im Jahre 1908 über dem Tunguska-Gebiet in Sibirien explodierte Meteorit hatte ca. 30 Mt, der K-T-Impakt jedoch etwa 100.000.000 (= 100 Mio.) Mt, was der Sprengkraft von ca. 10¹⁰ Hiroshima-Bomben entspricht (Abb. 1).

Der Einschlag führte zur Freisetzung von vielen 1000 km³ CO₂, SO₂ und SO₃. Die Stärke der ausgelösten Erdbeben überschritt die Stärke 12 der Richterskala. Die Tsunamis (das sind Springflut-Wellen) erreichten im Bereich des Einschlags Höhen bis 5000 m (!) und noch 150 m auf der entgegengesetzten Seite der Erde. Durch ausgeschleuderte glühende Gesteinsbrocken wurden noch in mehr als 10.000 km Entfernung vom Ort des Einschlags Waldbrände ausgelöst, die weitgehend globalen Charakter annahmen⁴), und schließlich wurden viele 1.000 km³ Staub in die Stratosphäre geschleudert.

Aus diesen Primärereignissen resultierten Verdunklung, Temperatursturz und eine Unterbrechung der Photosynthese, was zu einem Zusammenbruch der Nahrungsketten führte. Nach dem im Verlauf von mehreren Jahren erfolgten Absinken des Staubs stellte sich durch die hohe CO₂-Konzentration bedingt ein Glashauseffekt ein, der zu einer vermutlich 10.000e Jahre anhaltenden globalen Erwärmung führte.

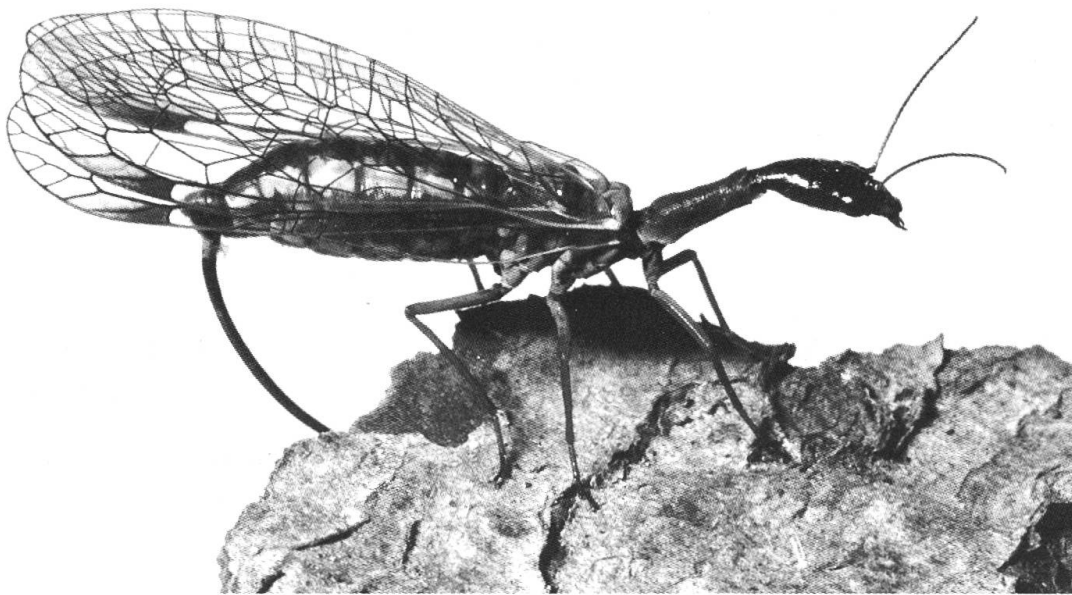


Abb. 2. *Dichrostigma flavipes* (STEIN) (Raphidiidae), ♀ bei der Eiablage. Niederösterreich, Dürnstein. Foto: H. Rausch.

So dramatisch die unmittelbar durch den Einschlag ausgelösten Ereignisse auch waren und für wie viele Billionen von Billionen von Einzelindividuen aller Organismen-Gruppen sie den Tod innerhalb von Sekunden, Minuten oder wenigen Stunden bedeuteten - sie waren zu geringerem Teil für die Ausrottung von Spezies ins-

¹) Eines der gewichtigsten Argumente für den K-T-Impakt ist der weltweit außergewöhnlich hohe Gehalt an Iridium in diesem Zeithorizont, der nur durch den Einschlag eines kosmischen Körpers erklärt werden kann.

²) Der Krater selbst - als Chicxulub-Krater bezeichnet - liegt etwa zur Hälfte unter dem Golf von Mexiko und zum anderen Teil unter der Halbinsel Yukatan, bedeckt von bis über 1000 m dicken tertiären Sedimenten. Er wurde - eher zufällig - durch die Entdeckung einer außerordentlichen Schwerekräftenomalie im Norden von Yukatan gefunden. Die anschließende Untersuchung von Bohrproben erbrachte den Nachweis von geschockten Quarzen (und anderen geschockten Mineralien) und damit den Beweis für ein Impakt-Ereignis.

³) t = 1 Tonne Sprengstoff (TNT = Trinitrotoluol) = ca. $4,2 \times 10^{16}$ erg.

Kt = Kilotonne = 1000 Tonnen TNT

Mt = Megatonne = 1 Million Tonnen TNT

⁴) In den K-T-Gesteinen findet man weltweit dicke Rußschichten, die die gigantischen Waldbrände belegen (WOLBACH & al. 1985, 1990).



Abb. 3. *Puncta ratzeburgi* (BRAUER) (Raphidiidae), erwachsene Larve in der Borke. Niederösterreich, Steiermark, Wildalpen. Foto: H. Rausch.

gesamt verantwortlich. Der Hauptgrund für das Artensterben wird in der Reduktion des Sonnenlichts auf 10-20 % durch 8-13 Jahre hindurch gesehen, mit den erwähnten Folgen von Temperatursturz, Aufhören der Photosynthese und Zusammenbruch der Nahrungsketten (POPE & al. 1994). Die am meisten gefährdeten Organismen waren die Pflanzenfresser und unter ihnen vor allem die großen Tiere (SHEEHAN & al. 1996). Exzessive Körpergröße und damit verbunden hoher Nahrungsbedarf bedeuteten an sich schon hohe Gefährdung. Es gibt Überlegungen, daß alle Tiere über einem Körpergewicht von etwa 20-25 kg zu Grunde gingen, und die Annahme, daß die Dinosaurier durch die Folgen des K-T-Impakts (endgültig) ausstarben, ist verständlich. Die Dinosaurier und die Ammoniten sind besonders spektakuläre Opfer des kreideendzeitlichen Impakts. Wie viele andere Organismengruppen mögen wohl ebenso betroffen gewesen sein? Man schätzt, daß mehr als 50%, vielleicht sogar 70% aller Tier- und Pflanzenarten innerhalb kurzer Zeit ausstarben. Welche Eigenschaften waren wohl einem Überleben besonders förderlich?

Charakteristik der Raphidiopteren

Die Raphidiopteren (Kamelhalsfliegen) sind heute eine der kleinsten Insektenordnungen. Sie repräsentieren eine der drei Ordnungen der Neuroptera, vermutlich sind sie die Schwestergruppe von Megaloptera + Neuroptera (U. ASPÖCK 1995, U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 1999). Insgesamt sind bis heute 206 rezente Spezies bekannt, die sich auf zwei Familien, Raphidiidae (mit 185 Spezies) und Inocellidae (mit 21 Spezies), aufteilen. Möglicherweise sind noch etwa 50 Spezies unentdeckt, so daß die Gesamtzahl der derzeit auf der Erde lebenden Raphidiopteren auf etwa 250 (oder wenig

darüber) geschätzt werden mag (H. ASPÖCK 1998). Der charakteristische, durch den langen Prothorax und die transparenten Flügel mit deutlichem Pterostigma und mit lockerm Geäder geprägte Habitus ist aus Abb. 2 ersichtlich.

Raphidiopteren sind durchwegs Insekten des Arboreals, allerdings im weitesten Sinn. Sie kommen nicht nur in Wäldern und waldähnlichen Biozöonosen vor, sondern innerhalb der arborealen Gebiete ihres Verbreitungsareals auch in steppenähnlichen Biotopen mit geringer Strauch- und Baumvegetation, insbesondere - vor allem in den asiatischen Teilen des Verbreitungsgebietes - im Bereich von Felsheiden mit Strauchvegetation. Die

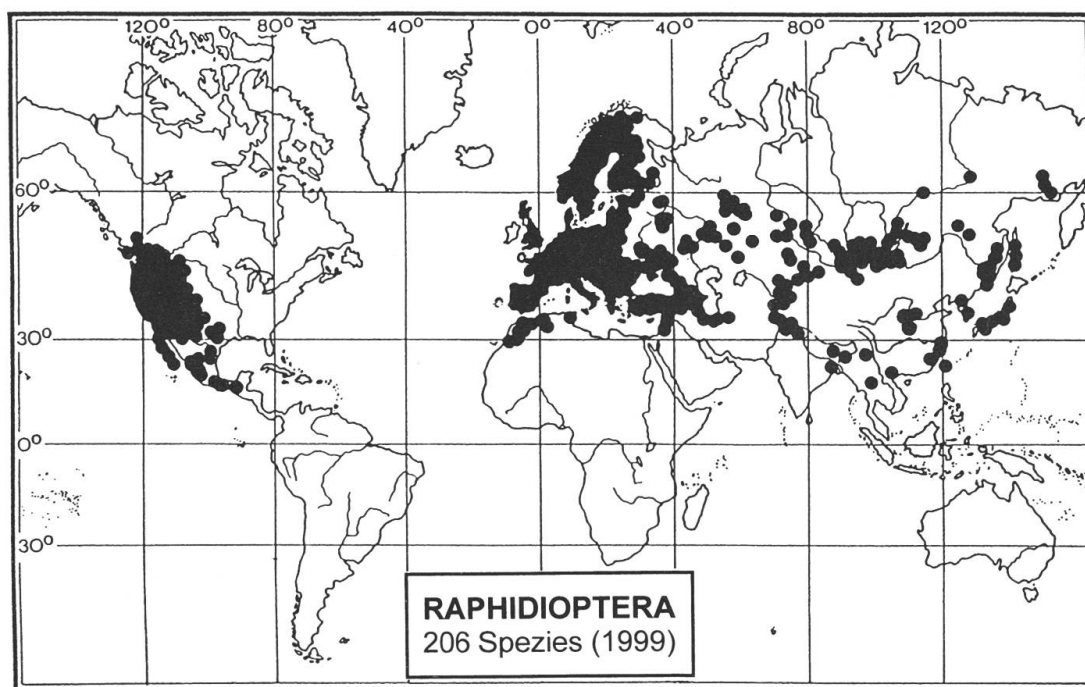


Abb. 4. Die Verbreitung der Ordnung Raphidioptera auf der Erde

Larven (Abb. 3) leben entweder unter der Borke von Bäumen oder im Wurzeldetritus von Sträuchern, gelegentlich sogar in Felsspalten, sie sind polyphag, ernähren sich vorwiegend von weichhäutigen Arthropoden - Schmetterlingsraupen, Käfern und Hymenopterenlarven, kleinen Spinnen, Psocopteren, Aphiden, Insekteneiern, und sie können - zumindest vorübergehend - auch von abgestorbenen organischen Materialien leben.

Die Entwicklung dauert in der Regel zwei bis drei Jahre, sehr selten nur ein Jahr, häufiger mehr als drei Jahre, bei manchen Arten manchmal sogar sechs Jahre und länger. Grundsätzlich ist die Entwicklungsdauer nicht fixiert, sie hängt von Temperatur und Nahrungsangebot ab (Raphidiopteren-Larven können allenfalls mehrere Wochen bis Monate hungern), und auch die Zahl der Larvenstadien ist nicht konstant, sie beträgt etwa 10, kann sich aber bei längerer Entwicklungsdauer auf über 15 erhöhen. Auf jeden Fall ist eine Periode niedriger Temperaturen (um 0°C oder darunter, mit Toleranz bis -20°C und darunter) essentiell für die Induktion der Verpuppung oder für die

Entwicklung zur Imago. Die Ausschaltung einer Kälteperiode führt zu Prothetelie und damit zu Entwicklungsstörungen, die zwar zunächst mit dem Leben der Larven vereinbar sind (die prothetelie Larve kann nun viele Monate bis Jahre leben), nicht aber mit dem regelrechten Durchlaufen der Metamorphose. Irgendwann gehen solche Larven zugrunde; nur ausnahmsweise verpuppen sich solche Larven, und noch seltener kommt es zur Entwicklung einer- allerdings pathologisch veränderten und wohl nicht fortpflanzungsfähigen - Imago.

Die Imagines schlüpfen zumeist im Frühling oder Frühsommer, auch sie sind polyphag-insektivor, aber sie nehmen manchmal auch Pollen auf. Sie leben in der Natur nur einige Tage, bis (befruchtete Weibchen, vielleicht) 2-3 Wochen. Unter experimentellen Bedingungen kann man Raphidiopteren-Imagines mehrere Wochen, selten sogar bis zwei Monate am Leben erhalten. Sie lassen sich problemlos mit irgendwelchen eiweiß- und zuckerhaltigen Nahrungsbreis füttern, bevorzugen aber weichhäutige lebende oder gequetschte Arthropoden (z. B. Fliegen).

Rezente Verbreitung

Die Verbreitung der rezenten Vertreter der Ordnung umfaßt insgesamt die meisten arborealen Teile der Paläarktis, ausgenommen die nördlichen und östlichen Teile Nordamerikas. Auf der Südhemisphäre und in tropischen Gebieten kommen Raphidiopteren nicht vor (Abb. 4). Die südlichsten Nachweise liegen in Amerika in großen Höhen in Südmexiko (U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 1996, U. ASPÖCK, H. ASPÖCK &

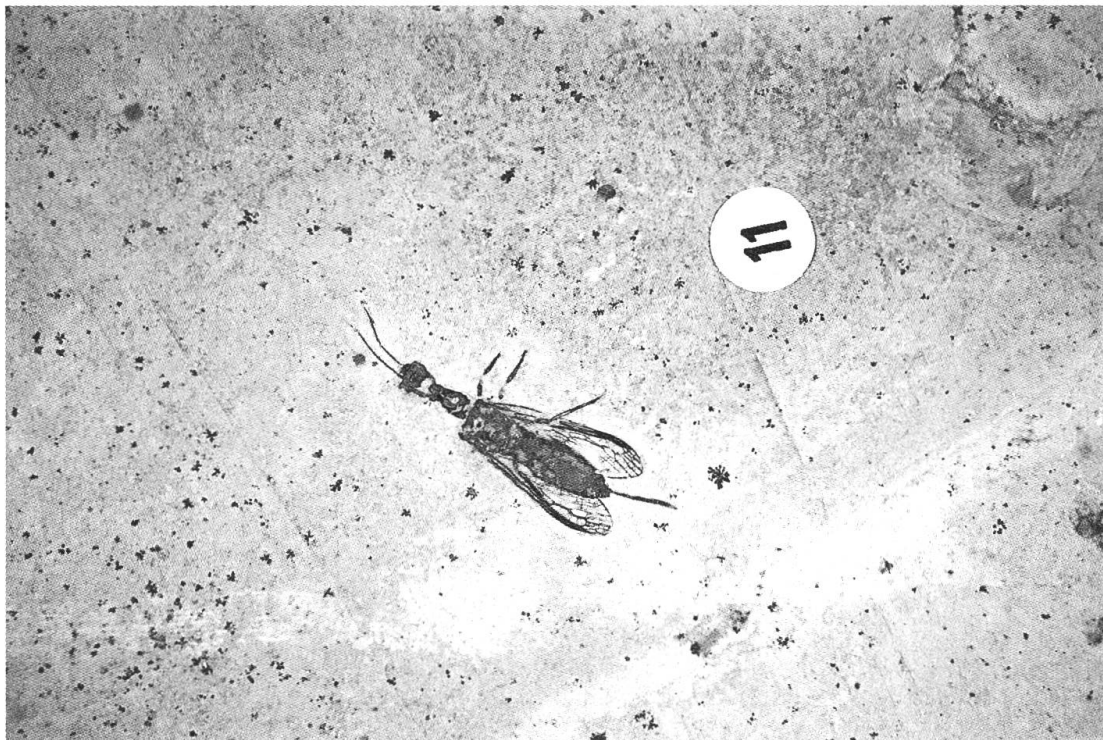


Abb. 5. Eine fossile Kamelhalsfliege (unveröffentlicht) aus der Santana-Formation, Untere Kreide von Santana, Ceará, Brasilien.

RAUSCH 1992) und - in der Alten Welt - in Gebirgen von Taiwan (H. ASPÖCK, U. ASPÖCK & YANG 1998) und Thailand. Die Verbreitungsareale der einzelnen Spezies sind in der Regel sehr klein, oft umfassen sie nur ein Gebirge oder sogar nur einen Teil eines Gebirges. Es erhebt sich die Frage, (1) warum Raphidiopteren auf der Südhemisphäre nicht vorkommen, (2) warum sie im Norden und Osten Nordamerikas fehlen, (3) warum es keine holarktisch verbreiteten Arten (ja nicht einmal Gattungen) gibt und (4) warum die rezenten Verbreitungsareale so klein sind.

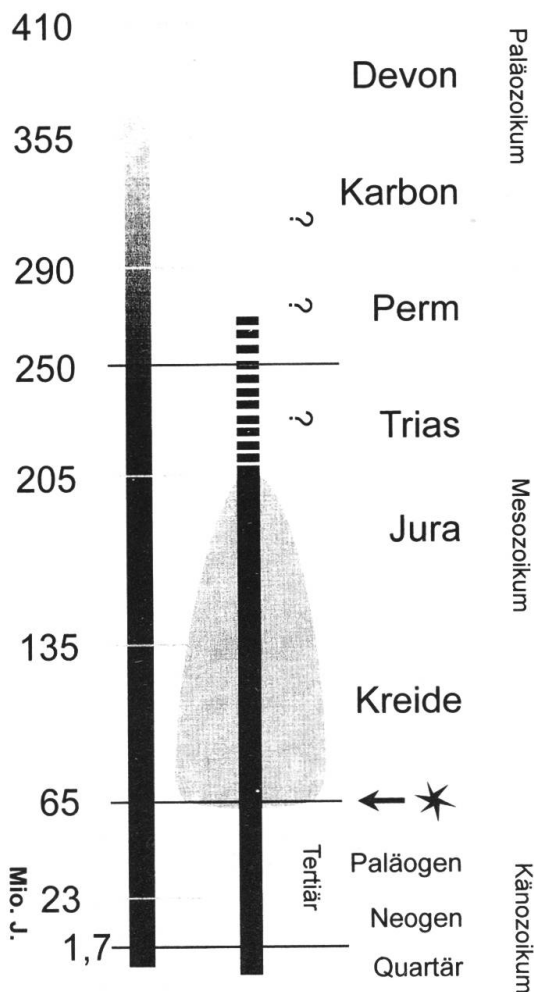


Abb. 6. Hypothetische Vorstellungen zu Entfaltung und Rückgang der Biodiversität der Raphidiopteren im Verlauf ihrer Evolution. Der durchlaufende dicke mittlere Balken zeigt das durch Fossil-Funde belegte Auftreten vom Jura bis zur Gegenwart; der unterbrochene Teil des dicken mittleren Balkens symbolisiert, daß gesicherte Nachweise im Paläozoikum und in der Trias fehlen, aber erwartet werden könn(t)en. Die graue Fläche demonstriert die reiche Entfaltung der Raphidiopteren im Jura und in der Kreide und das fast völlige plötzliche Verschwinden zu Ende des Mesozoikums. Der Pfeil zeigt den Asteroiden-Einschlag an der K-T-Grenze an.

Eine überzeugende, durchgehende Systematisierung der beiden Familien ist bis heute nicht gelungen. Die heute in Amerika vorkommenden Raphidiopteren sind isoliert, doch lassen sich für eines der beiden in Amerika vorkommenden Genera innerhalb der Familie Raphidiidae Synapomorphien mit Arten (Gattungen) aufzeigen, die in Südwesteuropa und Nordwestafrika verbreitet sind (U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 1994, H. ASPÖCK 1998). Der Schluß liegt nahe, in diesen in Amerika vorkommenden Raphidiiden Reste der bei der Bildung des Atlantischen Ozeans vor etwa 100 Mio. Jahren mit dem amerikanischen Kontinent nach Westen abgedrifteten Fauna zu sehen. Daß der Norden Nordamerikas keine Raphidiiden beherbergt, wird damit auch besser verständlich. Man muß annehmen, daß Raphidiopteren niemals über die Behringstraße nach Amerika eingewandert sind (und ebenso wenig von Amerika nach Asien). Warum sie im Osten heute fehlen, bleibt vorläufig unbeantwortet, in der Kreide gab es sie z. B. in Labrador.

Raphidiopteren im Mesozoikum

Die ältesten Fossilien, die den Raphidiopteren zugeordnet wurden, stammen aus dem Karbon und Perm (H. ASPÖCK & al. 1991). Heute überwiegt indes die Auffassung, daß diese Insekten (die Familien Fatjanopteridae, Letopalopteridae und Sojanoraphidiidae) nicht der Stammgruppe der Raphidiopteren angehören (H. ASPÖCK, 1998, STOROZHENKO & al. 1994). Aus dem Trias sind keine Raphidiopteren

bekannt, aber aus Jura und Kreide liegen außerordentlich reichhaltige Fossilfunde von Raphidiopteren vor, die eine enorme Biodiversität dieser Insekten im Mesozoikum dokumentieren. Es wurden zahl-reiche Genera beschrieben, für die - jedenfalls zum Teil zu Recht - auch einige Familien errichtet worden sind (H. ASPÖCK 1998, H. ASPÖCK & al. 1991, WILLMANN 1994, REN & HONG 1994). Wie immer auch, es steht fest, daß die Raphidiopteren im Mesozoikum in einer ungleich größeren Biodiversität als heute auftraten, die sich nicht nur in vielen Spezies, Genera und Familien manifestierte, sondern auch in einer Verbreitung, die auch tropische Gebiete der Erde und die Südhemisphäre umfaßte (HONG 1992 a, b, HONG & CHANG 1989, MARTINS-NETO & NEL 1993, MARTINS-NETO & VULCANO 1992, NEL & al. 1990, OSWALD 1990, PONOMARENKO 1988, REN 1994, 1995, 1997, WANG 1987). Abb. 5 zeigt eine Kamelhalsfliege aus der Unteren Kreide von Brasilien; das Gebiet (Ceará) war auch damals durch tropisches Klima geprägt. Man beachte den weitgehend mit rezenten Kamelhalsfliegen übereinstimmenden Habitus. Die rezenten Raphidiopteren - wir dürfen sie mit Recht als lebende Fossilien bezeichnen - sind nur in zwei Familien vertreten, auch alle Fossilfunde aus dem Tertiär betreffen durchwegs diese beiden Familien; beide Familien sind in ihrer Entwicklung an Kaltperioden gebunden und kommen nicht in den Tropen vor. Was war die Ursache dafür, daß so viele Arten in so vielen Teilen der Erde vermutlich plötzlich verschwanden (Abb. 6)?

Argumente für das Überleben der Raphidiopteren

Könnte es vielleicht so sein, daß im Anschluß an den Impakt die weitaus meisten Raphidiopteren ausstarben und daß nur die überlebten, die an Kälte adaptiert waren? Für diese Annahme sprechen tatsächlich mehrere schwerwiegende Argumente:

Alle rezenten - und soweit man aus systematischer Zugehörigkeit und der geographischen Lage der Fundorte schließen kann - auch alle im Tertiär nachgewiesenen Raphidiopteren brauchen eine Periode niedriger Temperatur, um sich weiterentwickeln zu können. Das kann man aber auch aus einem anderen Blickwinkel sehen: Alle rezenten (und eben vermutlich alle tertiären) Raphidiopteren sind an gemäßigtes Klima (und sogar kalt-gemäßigtes Klima) mit einer Kaltperiode im Winter angepaßt. Sie verlangsamen bei niedriger Temperatur ihre Entwicklung. Die polyphagen Larven können bei niedrigen Temperaturen monatelang hungern und sich durch Aufnahme nahezu beliebiger Nahrung tierischer Herkunft, allenfalls, wie sich experimentell zeigen läßt, sogar durch Zerkauen trockener Reste von Arthropoden und sogar von pflanzlichem Detritus am Leben erhalten. Ihre kortikole oder terrikole Lebensweise ist verständlicherweise mit einem heliophoben Verhalten korreliert, zugleich leben sie dadurch vergleichsweise geschützt. Auch die Imagines sind polyphage Prädatoren; während aber die Larvalperiode bei einer variierenden Zahl von Häutungen auf mehrere Jahre ausgedehnt werden kann, ist die - viel empfindlichere - Imaginalperiode kurz. Die Kopulation erfolgt kurz nach dem Schlüpfen, und die unmittelbar daran anschließende Eiablage ist in der Regel in wenigen Tagen abgeschlossen.

Die biologischen Charakteristika der gegenwärtig auf der Erde lebenden Raphidiopteren scheinen also - etwas salopp ausgedrückt - für ein Leben in Kälte und Finsternis in hohem Maß geeignet zu sein. Wenn zu Ende der Kreide ein Teil der Raphidiopteren diese Eigenschaften besaß, so waren sie eine hervorragende Voraussetzung für ein Überleben nach dem Impakt. Jene Zweige, aber, die über diese Anpassungen nicht verfügten, die auf tropisches Klima angewiesen waren, die vielleicht eine fixierte Zahl von Larvenstadien und eine fixierte Entwicklungsdauer hatte, waren zum Aussterben verurteilt.

Ausblick

Wenn wir davon ausgehen, daß das, was die überwiegende Mehrzahl der Geophysiker, Geochemiker und der Repräsentanten verwandter Fächer - weitestgehend übereinstimmend - über die Ereignisse vor 65 Mio. Jahren in Erfahrung gebracht hat und lehrt, richtig ist (und aus welchem Grund sollte man sich das Recht nehmen, es zu bezweifeln?), kommt man zu dem Schluß, daß die Folgen des K-T-Impakts für fast alle Organismen-Gruppen schwerwiegende bis dramatische Auswirkungen gehabt haben müssen. Die Geowissenschaftler haben sich immer wieder gewundert (GLEN 1994, 1996, CUTLER & BEHRENSMEYER 1996), warum viele Paläontologen so große Zurückhaltung in der Akzeptanz des K-T-Impakts als Ursache des Aussterbens von Taxa, nicht nur der Art- und der Gattungsgruppe, sondern auch der Familiengruppe (und darüber) üben, und in der Tat kommt man jedenfalls als „Rezentbiologe“ nicht um das Faktum herum, daß eine globale Katastrophe dieses Ausmaßes tiefe und bleibende Spuren in der Biodiversität der Gegenwart hinterlassen haben muß. Die hier für die Raphidiopteren vorgebrachte Hypothese gilt mutatis mutandis grundsätzlich für fast alle Tiergruppen, im besonderen für alle Insektengruppen. Es kann, so gesehen, eigentlich kein Zweifel daran bestehen, daß viele Zweige damals ausgestorben sind; daß sich daraus Schwierigkeiten im Verständnis der Verwandtschaftsbeziehungen der „Nachkommen der Überlebenden“ ergeben, kann nicht verwundern. Ebenso unbestreitbar ist, daß das Impaktereignis die weitere Evolution vieler Organismen-Gruppen - gewiß nicht nur der Raphidiopteren! - in bestimmte Richtungen gedrängt und gezwängt hat. Nicht zuletzt muß man bezweifeln, daß die Evolution ohne den Impakt zu Lebewesen geführt hätte, die die hier vorgebrachten Gedanken zu denken und diesen Satz zu schreiben, zu lesen und zu verstehen vermögen.

Dank

Den Professoren Dr. Gero Kurat (Naturhistorisches Museum Wien und Universität Wien) und Dr. Christian Köberl (Institut für Geochemie der Universität Wien) danke ich auch an dieser Stelle herzlich für wertvolle Informationen, geduldige Diskussionsbereitschaft und Bereitstellung von Impakt-Literatur.

Literatur

- ALVAREZ, L.W., ALVAREZ, W., ASARO, F. & MICHEL, H.V. (1980): *Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction*. - Science 208: 1095-1108.
- ALVAREZ, W., ALVAREZ L.W., ASARO F. & MICHEL H.V. (1982): *Current status of the impact theory for the terminal Cretaceous extinction*. - Geological Society of America 190: 305-315.
- ALVAREZ, W. & ASARO F. (1990): *An Extraterrestrial Impact. Accumulating evidence suggests an asteroid or comet caused the Cretaceous extinction*. - Scientific American, Oct. 1990: 44-52.
- ASPÖCK, H. (1998): *Distribution and biogeography of the order Raphidioptera: updated facts and a new hypothesis*. - Acta Zool. Fennica 209: 33-44.
- ASPÖCK, H., ASPÖCK, U. & RAUSCH, H. (1991): *Die Raphidiopteren der Erde. Eine monographische Darstellung der Systematik, Taxonomie, Biologie, Ökologie und Chorologie der rezenten Raphidiopteren der Erde, mit einer zusammenfassenden Übersicht der fossilen Raphidiopteren (Insecta: Neuropteroidea). 2 Bde.* - Goecke & Evers, Krefeld.
- ASPÖCK, H., ASPÖCK, U. & YANG, Ch.-K. (1998): *The Raphidiidae of Eastern Asia (Insecta, Neuropterida, Raphidioptera)*. - Dtsch. entomol. Z. 45: 115-128.
- ASPÖCK, U. (1995): *Neue Hypothesen zum System der Neuropterida*. - Mitt. Dt. Ges. allg. angew. Ent. 10: 633-636.
- ASPÖCK, U. & ASPÖCK, H. (1994): *Paradoxe Verbreitungsbilder von Neuropteroidea (Insecta: Raphidioptera, Neuroptera)*. - Zeitschr. Arb.-Gem. Österr. Entomol. 46: 30-44.
- ASPÖCK, U. & ASPÖCK, H. (1996): *Raphidioptera*. - In: Bousquets, J.E.L., Aldrete, A.N.G. & Soriano, E.G. (eds.): *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*, 19: 277-286. D.R. Universidad Nacional Autónoma de México.
- ASPÖCK, U. & ASPÖCK, H. (1999): *Kamelhalse, Schlammfliegen, Ameisenlöwen. Wer sind sie? (Insecta: Neuropterida: Raphidioptera, Megaloptera, Neuroptera)*. - In: H. ASPÖCK (wiss. Red.): *Neuropterida: Raphidioptera, Megaloptera, Neuroptera. Kamelhalse, Schlammfliegen, Ameisenlöwen...* - Stapfia 60/Kataloge d. ÖÖ Landesmus. N.F. 138: 1-34.
- ASPÖCK, U., ASPÖCK, H. & RAUSCH, H. (1992): *Rezente Südgrenzen der Ordnung Raphidioptera in Amerika (Insecta: Neuropteroidea)*. - Entomol. Gener. 17: 169-184.
- CUTLER, A. H. & BEHRENSMEYER, A. K. (1996): *Models of vertebrate mass mortality events at the K/T boundary*. - In: G. RYDER, D. FASTOVSKY & S. GARTNER (Eds): *The Cretaceous-Tertiary Event and Other Catastrophes in Earth History*. Geological Society of America, Special Paper 307: 375-379.
- D'HONDT, S., HERBERT T.D., KING, J. & GIBSON C. (1996): *Planktic foraminifera, asteroids, and marine production: Death and recovery at the Cretaceous-Tertiary boundary*. - In: G. RYDER, D. FASTOVSKY & S. GARTNER (Eds): *The Cretaceous-Tertiary Event and Other Catastrophes in Earth History*. Geological Society of America, Special Paper 307: 303-317.
- GLEN, W. (1994): *The mass extinction debates: How science works in a crisis*. - Stanford, California, Stanford Univ. Press 1994, 370 pp.
- GLEN, W. (1996): *Observations on the mass-extinction debates*. - In: G. RYDER, D. FASTOVSKY & S. GARTNER (Eds): *The Cretaceous-Tertiary Event and Other Catastrophes in Earth History*. Geological Society of America, Special Paper 307: 39-54.
- HONG, Y.C. (1992a): *The study of early Cretaceous Coleoptera, Raphidioptera, Diptera (Insecta) of Kezuo, West Liaoning Province*. - Acta Geologica Gansu 1: 1-15.
- HONG, Y.C. (1992b): *[A new family of Mesozoic snake-flies (Insecta, Raphidioptera) from the Laiyang Basin, China.]* - Paleontol. Zhurn. 1992: 101-105.
- HONG, Y.C. & CHANG, J.P. (1989): *A new family „Jilioraphidiidae“ of Raphidioptera (Insecta)*. - Geoscience 1989: 290-297.
- HSÜ, K.J. (1986): *Die letzten Jahre der Dinosaurier. Meteoriteneinschlag, Massensterben und die Folgen für die Evolutionstheorie*. - Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin.
- KÖBERL, CH. (1996): *Chicxulub - The K-T Boundary Impact Crater: A Review of the Evidence, and an Introduction to Impact Crater Studies*. - Abh. Geol. B.-A. (Wien) 53: 23-50.
- KÖBERL, CH. (1998): *Impakt - Gefahr aus dem All. Das Ende unserer Zivilisation*. - Edition Va bene (Forschung), Wien-Klosterneuburg, 183 pp.
- MARTINS-NETO, R.G. & NEL, A. (1993): *Un nouveau fossile de Raphidioptère de la formation Santana, Crétacé inférieur du Brésil (Neuropteroidea, Raphidioptera)*. - Bull. Soc. Entomol. France 97: 425-428.
- MARTINS-NETO, R.G. & VULCANO, M. (1992): *Primeiro registro de Raphidioptera (Neuropteroidea) na Formação Santana (Crétáceo inferior), Bacia do Araripe, nordeste do Brasil*. - Revista Bras. Entomol. 34: 241-249.
- NEL, A., SÉMÉRIA, Y. & MARTINS-NETO, R.G. (1990): *Un Raphidioptera fossile du Crétacé inférieur du Brésil (Neuropteroidea)*. - Neuroptera International 6: 27-37.
- O'KEEFE, J.D. & AHRENS TH.J. (1989): *Impact production of CO₂ by the Cretaceous/Tertiary extinction bolide and the resultant heating of the Earth*. - Nature 338: 247-249.
- OSWALD, J.D. (1990): *Chapter 8. Raphidioptera*. - In: GRIMALDI, D.A. (ed.), *Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous, of Brazil*. - Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 195: 154-163.

- PONOMARENKO, A.G. (1988): [New mesozoic insects.] - In: [New fossil evertebrates of Mongolia. Joint Soviet-Mongolian palaeontological expedition.] Trudy, Vyp. 33: 71-80. Nauka, Moskva.
- POPE, K.O., BAINES K.H., OCAMPO A.C. & IVANOV B.A. (1994): *Impact winter and the Cretaceous/Tertiary extinctions: Results of a Chicxulub asteroid impact model.* - Earth and Planetary Science Letters 128: 719-725.
- RAMPINO, M. R. & HAGGERTY, B. M. (1996): *Impact crises and mass extinctions: A working hypothesis.* - In: G. RYDER, D. FASTOVSKY & S. GARTNER (Eds): *The Cretaceous-Tertiary Event and Other Catastrophes in Earth History.* Geological Society of America, Special Paper 307: 11-30.
- REN, D. (1994): *A new discovery of snake-flies (Insecta) from late Jurassic of Beipiao, Liaoning.* - Profess. Papers Stratigraph. Palaeontol. 25: 131-140.
- REN, D. (1995): *Systematic Palaeontology. Insecta.* - In: *Faunae and stratigraphy of Jurassic-Cretaceous in Beijing and the adjacent areas: 47-121.* Seismic Publishing House, Beijing.
- REN, D. (1997): *Studies on the late Mesozoic snake-flies of China (Raphidioptera: Baissopteridae, Mesoraphidiidae, Alloraphidiidae).* - Acta Zootaxonomica Sinica 22 (2): 172-188.
- REN, D. & HONG, Y. (1994): *A cladistic study on the familial phylogeny of fossil and living Raphidioptera (Insecta).* - Bull. Chin. Acad. Geol. Sci. 29: 103-118.
- RYDER, G. (1996): *The unique significance and origin of the Cretaceous-Tertiary boundary: Historical context and burdens of proof.* - In: G. RYDER, D. FASTOVSKY & S. GARTNER (Eds): *The Cretaceous-Tertiary Event and Other Catastrophes in Earth History.* Geological Society of America, Special Paper 307: 31-38.
- SHEEHAN, P.M., COOROUGH P.J. & FASTOVSKY D.E. (1996): *Biotic selectivity during the K/T and Late Ordovician extinction events.* - In: G. RYDER, D. FASTOVSKY & S. GARTNER (Eds): *The Cretaceous-Tertiary Event and Other Catastrophes in Earth History.* Geological Society of America, Special Paper 307: 477-489.
- STOROZHENKO, S. Y. & NOVOKSHONOV, V. G. (1994): *Revision of the Permian family Sojanoraphidiidae (Grylloblattidae).* - Russian Entomol. J. 3: 37-39.
- TOON, O.B., ZAHNLE K., MORRISON D., TURCO R.P. & COVEY C. (1997): *Environmental Perturbations caused by the Impacts of Asteroids and Comets.* - Reviews of Geophysics 35 (1): 41-78.
- VAAS, R. (1995): *Der Tod kam aus dem All. Meteoriteneinschläge, Erdbahnkreuzer und der Untergang der Dinosaurier.* - Franckh-Kosmos, Stuttgart, 280 pp.
- WANG, W. (1987): *Early Mesozoic insect fossils from Western Liaoning.* In: Yu, X., Wang W. etc. (eds.): *Mesozoic stratigraphy and palaeontology of Western Liaoning.* Vol. 3 Geol. Publ. House, Beijing.
- WILLMANN, R. (1994): *Raphidiodea aus dem Lias und die Phylogenie der Kamelhalsfliegen (Insecta: Holometabola).* - Paläontol. Z. 68 (1-2): 167-197.
- WOLBACH, W.S., GILMOUR I. & ANDERS E. (1990): *Major wildfires at the Cretaceous/Tertiary boundary.* - Geological Society of America, Special Paper 247: 391-400.
- WOLBACH, W.S., LEWIS R.S. & ANDERS E. (1985): *Cretaceous Extinctions: Evidence for Wildfires and Search for Meteoritic Material.* - Science 230: 167-170.
- WYNN J.C. & SHOEMAKER, E.M. (1999): *Flammendes Inferno in der Wüste.* - Spektrum der Wissenschaft 2: 30-37.

Anschrift des Autors:

Univ. Prof. Dr. Horst Aspöck,
Abteilung für Medizinische Parasitologie,
Klinisches Institut für Hygiene, Kinderspitalgasse 15,
A-1095 Wien,
ÖSTERREICH

