

al., 1976; J. FINK, R. GRILL et al., 1955; J. FINK, G. HAASE et al., 1977; J. FINK, A. KOCI et al., 1979; J. FINK & G. KUKLA, 1977; J. FINK & H. MAJDAN, 1954; J. FINK & H. NAGL, 1979; J. FINK & L. PIFFL, 1975; J. FINK, R. WALDER et al., 1979; H. FISCHER, 1977; F. FLIRI, 1977, 1978; J. FLIRI, S. BORTENSCHLAGER et al., 1970; F. FLIRI, H. HILSCHER et al., 1971; F. FLIRI, H. FELBER et al., 1972; H. FLÜGEL, 1960 c, 1975 a; A. FRITZ, 1970 a, b, 1972 a, b, 1975; P. FRITZ, 1976; W. FUCHS, 1972, 1980 d; W. FUCHS & R. GRILL, 1984 b; H. GAMS, 1936, 1954; J. GAREIS, 1981; M. GEYH, 1983; G. GÖTZINGER, 1936, 1938 a, b, 1948; H. GRAUL, 1937, 1962, 1978; R. HANTKE, 1978 bis 1983, 1984; W. HEISSEL, 1954 b; H. HEUBERGER, 1956, 1966, 1968; H. HEUBERGER & R. BESCHEL, 1958; D. VAN HUSEN, 1968, 1971, 1974, 1975 a, b, 1976 a, b, 1977, 1979 a, b, 1980, 1981; H. KINZL, 1929, 1957, 1970; W. KLAUS, 1972, 1975, 1977 c; R. v. KLEBELSBERG, 1935, 1948/1949; H. KOHL, 1962, 1968, 1969 b, 1971 b, 1973, 1974, 1976, 1978, 1981, 1983 a, b; H. KOHL & L. WEINBERGER, 1968; M. KÖHLER & W. RESCH, 1973; I. KRETSCHMER, 1983 a; J. KUKLA et al., 1972; H. KÜPPER, 1950 b, 1955 c, 1958; E. LICHTENBERGER, 1959; M. LÖSCHER et al., 1978; F. MAYR, 1964, 1968; F. MAYR & H. HEUBERGER, 1968; S. MORAWETZ, 1949, 1950; H. MÜLLER, 1974; H. NAGL, 1968, 1971, 1972 a, b, 1974 b, 1976; T. NILSSON, 1983; H. PASCHINGER, 1957 a, b; G. PATZELT, 1972, 1973 a, b, 1975; G. PATZELT & S. BORTENSCHLAGER, 1978; A. PENCK, 1921; A. PENCK & E. BRÜCKNER, 1909; A. PENCK & E. RICHTER, 1903; R. PESCHEL, 1982; L. PIFFL, 1975; W. RESCH, 1972; F. RÖGL, 1974; F. ROLLE, 1856; I. SCHAEFER, 1953; R. SCHMIDT, 1976, 1979, 1981; C. SCHÖNWIESE, 1979; W. SENARCLENS-GRANCY, 1958, 1962; F. SIMONY, 1851 b; G. SPAUN, 1964; H. SPREITZER, 1956, 1960, 1961, 1963; D. STUR, 1886; R. SUGGATE, 1974; E. THENIUS, 1954, 1977; G. TICHY, 1980; A. TOLLMANN, 1962 d; F. TRAUB & M. JERZ, 1975; L. WEINBERGER, 1955; O. WEISE, 1983; K. WICHE, 1949; W. WILDI, 1984; A. WINKLER-HERMADEN, 1955; H. ZIMBURG, 1960.

## N. METEORITENFÄLLE IN ÖSTERREICH

Zwei Beispiele von unmittelbar beobachteten Meteoriteneinfällen im Gebiet der Republik Österreich sind aus neuerer Zeit bekannt: Am 28. August 1925 ging im Gebiet südlich von Wiener Neustadt um 19.25 Uhr ein Meteorit nieder, dessen plötzliches Aufleuchten, seine nicht geradlinige Bahn, seine Explosion zu mehreren glühenden Teilen beobachtet wurden und dessen Trümmer in Form von 5 kg und 2 kg schweren Chondriten bei Lanzenkirchen 7 km S Wiener Neustadt (als erste in NÖ. gefundene Meteorite) angetroffen worden sind (F. BECKE, 1926, S. 103). Eine moderne mineralogisch-petrographische Nachuntersuchung dieses Meteoriten durch G. KURAT & H. KURZWEIL (1965, cum lit.) charakterisiert ihn als Olivin-Hypersthen-Chondrit mit der Struktur einer monomikten Brekzie, durchzogen von feinen Troilit-Adern.

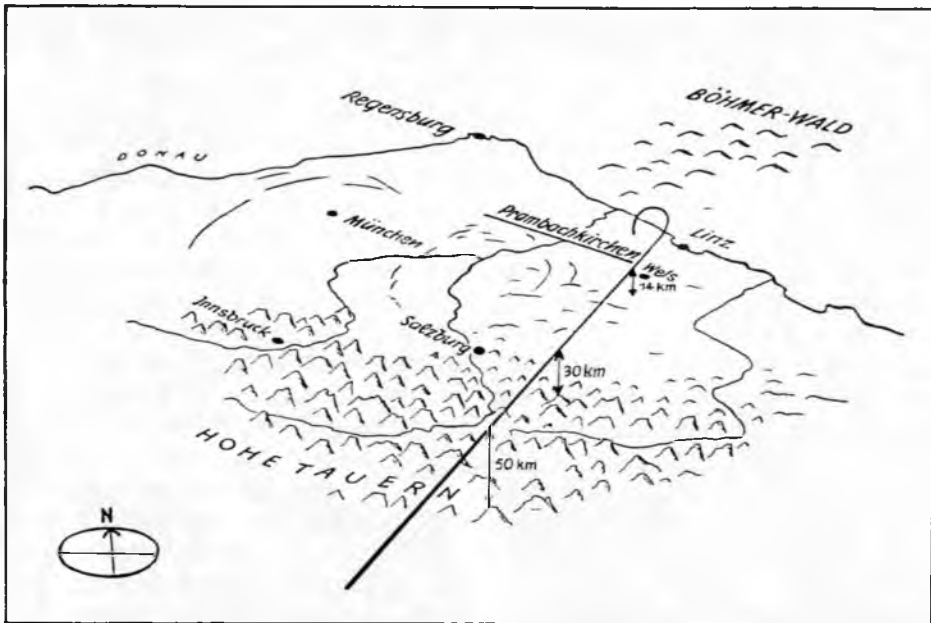


Abb. 100: Die Flugbahn des Meteoriten von Prambachkirchen, OÖ, vom 5. 11. 1932; nach J. SCHADLER (1938, Abb. 3).

Der Einfall des 2,1 kg schweren Chondriten, der mit einer Spiralbahn am 5. November 1932 in Prambachkirchen (W Eferding) in OÖ. niederging, wurde von Herrn F. PITNER aus nur 120 m Entfernung beobachtet, der über die taghelle Aufhellung der Nacht und alle Nebenumstände genau berichtet hat. Aus zahlreichen weiteren Angaben konnten die Flugbahn und Geschwindigkeit – zuletzt 250 m/sec. – rekonstruiert werden (Abb. 100). Auch die Formänderung durch Abschmelzen beim Flug durch die Atmosphäre ist abzuleiten gewesen (Abb. 101) – E. DITTLER & J. SCHADLER (1933), J. SCHADLER & J. ROSENHAGEN (1935), J. SCHADLER (1938).

Neben diesen beiden im einzelnen bekannt gewordenen Meteoritenfällen sind aus Österreich insgesamt noch sechs weitere Meteoriten bekannt:

1. Im Jahre 1618 soll in der zweiten August-Hälfte in der Oststeiermark an der Grenze zu Ungarn ein Meteorit niedergegangen sein, von dem etliche Trümmer gefunden wurden, eines davon angeblich drei Zentner schwer (E. CHLADNI, 1918, S. 220).

2. Nähere Einzelheiten weiß man über den Meteorit, der am 20. November 1768 um 16 Uhr bei Mauerkirchen in OÖ. niederfiel. C. W. GÜMBEL (1878, S. 16–24) vermerkt über diesen 38 bayrische Pfund schweren Meteoriten: „Unter diesem Luftgetümmel sei ein Stein aus der Luft gefallen und habe nach obrigkeitlichem Augenschein eine Grube  $2\frac{1}{2}$  Schuh tief in die Erde gemacht“ und schließt eine petrographische Beschreibung dieses Chondriten an.



Abb. 101: Seitenansicht des Meteoriten von Prambachkirchen: Länge 12,5 cm, Gewicht 2,1 kg. An der Abrißfläche rechts unten hat sich bei Wels in 14 km Höhe ein Teilstück abgespalten; nach J. SCHADLER (1938, Abb. 4).

3. Im Raum von Klagenfurt soll im Jahre 1849 ein chondritischer Meteorit gefallen sein, von dem heute nichts näheres bekannt ist.

4. Im Jahr 1877 wurde in Mühlau bei Innsbruck ein chondritischer Meteorit gefunden, über den A. BREZINA (1887, S. 115) berichtet hat.

5. Am 27. Mai 1905 ist um 10.45 Uhr bei Minichhof im heutigen Burgenland ein chondritischer Meteorit eingefallen, wie F. BERWERTH (1912, S. 235) vermerkt hat.

6. Zuletzt wurde von W. SCHNABEL bei seiner geologischen Kartenaufnahme für Blatt Ybbsitz am 17. September 1977 am Prochenberg SE Ybbsitz im Waldboden stekend ein Meteorit mit einer Gesamtmasse von 14,6 kg gefunden, der wahrscheinlich in den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts niedergegangen war. Dieser seltene Fund wurde einer sorgsam modernen Untersuchung zugeführt. In den Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien (Bd. 87, 1985, S. 1–64) wird ausführlich über die Fundumstände (W. SCHNABEL), die Petrologie und Mineralchemie (F. BRANDSTÄTTER et al.), den chondritischen Aufbau (A. BISCHOFF), die Art der Stoßwellen-Verformung (W. F. MÜLLER), den Chemismus (W. KIESL et al., H. PALME et al.), seine Geschichte auf Grund der Edelgas-Analyse (P. SIGNER et al.) und der Radionuklid-Untersuchung (G. HEUSSER) berichtet.

Neben diesen acht bekannt gewordenen Meteoriten-Fällen in Österreich liegen noch zahlreiche, oft ins einzelne gehende Beschreibungen genau lokalisierbarer Meteor-Erscheinungen in unserem Land vor – wie etwa der Bericht von F. BERWERTH

(1887) über den 21. April 1887 um 21 Uhr bei Schrems, NÖ., beobachteten Meteor – bei denen aber die zugehörigen Meteorite nicht entdeckt werden konnten.

Über den wahrscheinlichen Meteoriteneinfall in der Nacheiszeit vor rund 10.000 Jahren im Bereich des Ötztals bei Köfels in Tirol und die sich daran anknüpfenden Erscheinungen (die von manchen Autoren aber auch anders gedeutet werden) ist in Band I, S. 374 f., referiert worden.

Aus dem weiteren Gebiet der Österreichisch-Ungarischen Monarchie liegen zahlreiche Augenzeugenberichte über derartige Ereignisse sowie genügend Funde vor, auf die aber hier, da außerhalb der Grenzen der Republik, nicht eingegangen werden kann. Es sei aber doch betont, daß die Meteoritensammlung des Naturhistorischen Museums in Wien zu den größten derartigen Sammlungen der Welt gehört. Ihr Grundstock geht auf die Erwerbung des 1751 bei Agram gefallenen Eisenmeteoriten (Hauptstück 39 kg) und den Meteoriten von Tabor von 1753 (samt Berichterstattungen) durch Kaiser Franz I. für das k. k. Hofmineralienkabinett zurück. „Die Meteoritensammlung des Naturhistorischen Hofmuseums als Born der Meteoritenkunde“ ist später von F. BERWERTH (1918) eingehend geschildert worden. Die große Tradition dieser Forschungsrichtung im Naturhistorischen Museum hat in Österreich auch später über H. MICHEL bis zu G. KURAT in der Gegenwart angehalten.

Keine Bestandteile fremder Weltkörper hingegen stellen die jüngst auch im Waldviertel gefundenen Moldavite (ein Typus der Tektite) dar, flaschengrüne, durchscheinende, korrodierte Gläser, die, in den Schottern der Moldau umgelagert, nicht selten zu finden sind. F. E. SUESS hat 1901 alles Wissen über die Herkunft der Moldavite in seiner Standardarbeit zusammengefaßt. Wie man heute weiß, stammen sie aus geschmolzenen Gesteinen der Erdkruste typischer Zusammensetzung, die beim großen Meteoriteneinfall von Nördlingen in Bayern (mit einer Geschwindigkeit von 20 km/sec. in der Zeit des Oberen Badenien) durch die Impaktmetamorphose entstanden und ausgeschleudert worden sind. Die Hauptmasse des ausgeschleuderten Gesteinsmaterials ist bis 20 km vom Kraterrand entfernt angehäuft, die kleineren Tektite (Moldavite) aber sind bis 250 km, ja bis 400 km weit vom Rieskrater entfernt gefunden worden. Das Alter des Impaktes vom Nördlinger Ries mit seinem 26 km breiten Krater, das wohl auf einen Meteoriten mit über 1 km Durchmesser zurückgeht, beträgt auf Grund der Bildung des Suevites  $14,7 \pm 0,6$  Millionen J. (G. A. WAGNER, 1977, S. 352) und stimmt demgemäß mit dem Edelgasalter der Moldavite (W GENTNER et al., 1963) überein, sodaß auch hierdurch die älteren Hypothesen einer Herleitung der Moldavite vom Mond etc. hinfällig sind – vgl. S. 223.

Hinweise auf Materieregen („fall out“) eines riesigen Meteoritenfalles, der sich an der Wende von der Kreide zum Tertiär vor 66,670.000 Jahren auf der Erde ereignet hat, sind jüngst auch in Österreich und in den Bayrischen Kalkalpen erzielt worden, sodaß hier noch kurz darauf eingegangen werden soll, obgleich der Einfall des Asteroiden selbst sich an einer noch nicht lokalisierten Stelle im Weltmeer vollzogen hat.

Im Elendgraben im Gosaubecken von Gosau hat R. LAHODINSKY (Vortrag Wien, April 1985) profilmäßig die Kreide-Tertiärgrenze erfaßt. Genau an der Grenze zwischen dem Globotruncanen führenden kalkigen Maastricht im Liegenden und dem auflagernden Tertiär mit seinen winzigen Globigerinen in den untersten La-

gen im Hangenden stellt sich eine 2 mm mächtige, gelbbraune, kalkfreie, tonige Grenzschicht ein, die nach den Untersuchungen von A. PREISINGER und Mitarbeitern den Materieregen des seit 1979 bekannten Asteroiden, der zu Ende der Kreide auf die Erde niederging, darstellt. Die Tatsache eines solchen Einschlages eines riesigen Meteoriten haben L. ALVAREZ und Mitarbeiter am 6. Juni 1980 bekanntgemacht, nachdem sie eine außerordentliche Anreicherung siderophiler Elemente im Grenzhorizont, wie Iridium, Platin, Gold, Osmium, Chrom, Cobalt, Nickel etc. – die offensichtlich aus einem chondritischen Meteoriten stammen – im Profil bei Gubbio NNE Perugia in Umbrien, Italien, festgestellt hatten. In der Zwischenzeit sind an dieser Zeitmarke an ungefähr fünfzig Stellen weltweit solche Iridiumanreicherungen bis zum Hundertfachen des Normalwertes erfaßt worden, sodaß hierdurch und durch eine Reihe weiterer Merkmale kein Zweifel an der Realität eines solchen Großmeteor-Einschlages bestehen können.

Zusammenfassende Darstellungen über die Auswirkungen des Einschlages eines solchen Asteroiden mit einem Ausmaß von über 10 km Durchmesser sind in den Symposiumsbänden von L. SILVER & P. SCHULTZ (1982) und H. HOLLAND & A. TRENDALL (1984, cum lit.) präsentiert worden. Danach treffen Asteroide derartiger Größe alle 50 bis 100 Millionen Jahre die Erde. Beim Impakt an der Kreide-/Tertiär-Grenze ist mit einem Krater von etwa 200 km Durchmesser zu rechnen. Der Einschlag erfolgte damals offenbar im Weltmeer, wie auch aus der Zusammensetzung der kleinen, in den Gosauablagerungen des Lattengebirges gefundenen Tektite aus Ozeankrustenmaterial hervorgeht. Beim Aufschlag mit einer Geschwindigkeit von etwa 25 km/sec. hatte der Asteroid eine kinetische Energie von über 100 Milliarden Megatonnen (weit größer als die Energie des gesamten nuklearen Arsenal). Rund 10 Milliarden Tonnen aufgeschmolzenes Material wurde ausgeschleudert, wobei hierbei rund 20 Prozent der Erdoberfläche durch Einfall von Tektiten unmittelbar betroffen wurden, aber weltweit die Mikrotektite in der Kreide-Tertiär-Grenzschicht aufzufinden sind. Der Einschlag verursachte eine Flutwelle, deren Amplitude am Einschlagpunkt der Tiefe des Ozeans entspricht (4 bis 5 km?) und die sich in 5000 km Entfernung im tiefen Wasser auf etwa 100 m verringert hat. Diese Flutwelle bewirkte natürlich beim Auftreffen auf die Küste des Ozeanbeckens einen außerordentlichen Tsunami-Effekt.

Durch die hohe Temperatur wurde beim Aufschlag ein Vielfaches der Masse des Asteroiden aufgeschmolzen, verdampft und ausgeschleudert. Ein Teil davon wurde in Form feinsten Partikel zusammen mit den verdampften Meerwassermassen (zweifache Masse des Projektils) bis in den oberen Bereich der Atmosphäre ausgeschleudert. Die hohen Temperaturen haben auch bedeutende chemische Reaktionen zur Folge gehabt. Hohe Mengen an Stickoxyden wurden freigesetzt und verblieben monatelang in der Atmosphäre. Ferner wurden durch den Impakt in großem Umfang Säuren aufgebaut – Salpetersäure und, durch Zerlegung des Meerwassers, Salz- und Schwefelsäure, was saure Regen gewaltigen Ausmaßes zur Folge hatte. Eine weitere Folge des Impaktes stellt die Freisetzung großer Mengen von CO<sub>2</sub> dar, z. T. direkt aus den betroffenen kalkigen Sedimenten des Meeresbodens, sowie der Abbrand riesiger Waldareale.

Schwerwiegend waren demgemäß die Auswirkungen dieses Ereignisses auf Klima und Leben. Durch Ausschleudern der feinsten Partikel bis in die hohe Atmosphäre kommt es unter Absorption der Sonnenstrahlen an diesem Materiastaub zu einer mo-

natelangen Verfinsterung. Damit tritt einerseits eine drastische Reduktion der Temperatur mit Frost und Schneefall auf den Kontinenten ein, andererseits bewirkt die anhaltende Finsternis einen Kollaps in der Photosynthese der Pflanzenwelt zu Lande und im Ozean, es kommt mit dem Absterben des Phytoplanktons der Ozeane zur Unterbrechung der Nahrungskette. Am Absterben der Organismen im Meer wirkt natürlich auch die durch die Säureregen bewirkte  $p_H$ -Änderung des Meerwassers mit. In den Grenztonschichten im Elendgraben der Gosau ist die Anreicherung von Kohlenwasserstoffen auf ein Vielfaches des Normalwertes nachzuweisen, verursacht durch die abgestorbenen Organismenmassen (und wohl Ruß vom globalen Waldbrand).

Im Anschluß an diese erste Epoche der Verfinsterung und des Klimarückschlages stieg dann die Temperatur der Atmosphäre für einen Zeitraum von etlichen Jahrzehnten bis Jahrhunderten um etwa  $10^\circ$  an, u. zw. zufolge des hohen Wasserdampf- und  $CO_2$ -Gehaltes in der oberen Atmosphäre, der den bekannten Glashauseffekt bewirkt.

Auf die Auswirkungen dieser irdischen Katastrophe auf die Lebewelt im einzelnen einzugehen, ist hier nicht Platz. Sie waren jedenfalls gravierend. Genau an der millimeterschmalen Grenzschicht im Gosaubecken wurde durch die Arbeitsgruppe A. PREISINGER (Vorträge Wien, April 1985) das Aussterben der großwüchsigen Globotruncanen nachgewiesen, die im Paleozän dann zögernd von zunächst extrem kleinwüchsigen Globigerinen abgelöst werden. Es muß aber darauf aufmerksam gemacht werden, daß in dieser Art von Event nicht die einzige Ursache für Extinktionen ganzer Faunengruppen liegt, wie bereits ausgeführt.

In der 2 mm mächtigen Grenzschicht im Elendgraben des Gosaubeckens 4 km S Rußbach ist durch A. PREISINGER Meteoritenmaterial in mikroskopischem Ausmaß (0,1 Prozent des Gesamtvolumens der Schicht) auch direkt in Form von Titanomagnetit und Ilmenit (letzterer mit entsprechenden Iridium-Anreicherungen) nachgewiesen worden. Der Iridiumgehalt dieser Grenzschicht beträgt hier 14 ppb. Im weltweiten Maßstab stellt sich in diesem Niveau unabhängig von der Verdünnung durch die unterschiedliche Sedimentationsrate stets der Wert von  $10^{-7}$  g/cm<sup>2</sup> Iridium ein.

## Literatur

- L. ALVARAZ et al., 1980; F. BECKE, 1926; F. BERWERTH, 1887, 1912, 1918 (mit ausführlichem Literaturverzeichnis); A. BISCHOFF, 1985; F. BRANDSTÄTTER, E. KIRCHNER et al., 1985; A. BREZINA, 1887; E. CHLADNI, 1819; E. DITTLER & J. SCHADLER, 1933; W. GENTNER et al., 1963; C. W. GÜMBEL, 1878; G. HEUSSER, 1985; H. HOLLAND & A. TRENDALL, 1984, cum lit.); W. KIESL & F. KLUGER, 1985; G. KURAT & H. KURZWEIL, 1965; W. F. MÜLLER, 1985; A. PREISINGER, 1984 (s. o.); J. SCHADLER & J. ROSENHAGEN, 1935; W. SCHNABEL, 1985; P. SIGNER et al., 1985; L. SILVER, 1982; F. E. SUSS, 1901; A. TOLLMANN, 1977 c; G. WAGNER, 1977.