

Marginalien zur wissenschaftlichen Literatur über irdische Meteoriten-Krater, den Nördlinger Ries-Krater und die Tektitfrage von 1890 bis 1988

Mit besonderer Berücksichtigung einiger Veröffentlichungen von E. Preuss zum Problem der Impaktite bis 1989

von
PETER HORN 

Zusammenfassung

Bibliographien über irdische Impaktkrater und Tektite, unter besonderer Berücksichtigung des Ries-Kraters, wurden dazu benutzt, Zeit-/Häufigkeitskurven der Literatur über diese Untersuchungsobjekte aufzustellen. Diese Kurven werden diskutiert, wobei ein Schwerpunkt der Stellenwert hierher gehörender Publikationen von PREUSS darstellt.

Abstract

Bibliographies on terrestrial impact-craters and tektites, especially about Ries-crater, have been surveyed to establish time/abundance curves of the literature on these objects of research. These curves are discussed, whereby a major point deals with the significance of respective publications by PREUSS.

Einleitung

In diesem Beitrag, zum Anlaß des 80. Geburtstages von Herrn Preuss, möchte ich auf einige allgemeine Aspekte der Entwicklung der Literatur über Impakt-Krater und Tektite eingehen.

Auf der Erde gibt es inzwischen 15 sichere und fast 100 vermutete Meteoriten - Einschlags-Krater. In (sehr wahrscheinlichem) genetischem Zusammenhang mit zweien dieser Krater (Bosumtwi- und Ries - Krater) treten jeweils natürliche Gläser, Tektite genannt, in Streufeldern auf. Für weitere 3 Tektitenstreuungsfelder, die ihrerseits 5 Altersgruppen zugeordnet werden können, sind zugehörige Krater nicht bekannt.

 Privatdozent Dr. Peter Horn, Mineralogisch-Petrographisches Institut und Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik, Theresienstrasse 41, 8000 München 2.

Zu den wissenschaftlich gesicherten Meteoritenkratern der Erde gehört der Nördlinger Ries-Krater auf der Albhochfläche; die Verbreitungsgebiete der Moldavite – in Böhmen und Mähren – stellen (höchstwahrscheinlich) das zugehörige Tektitenstrefenfeld dar. Der Rieskrater wird hier besonders hervorgehoben weil er zu den am besten untersuchten Impaktkratern gehört und außerdem eines der Tätigkeitsfelder von Herrn PREUSS ist (z. B. PREUSS, 1964).

Die Literatur über beide Untersuchungsobjekte ist im Laufe der Jahre sehr umfangreich geworden und wird hier in Form von Zeit/Häufigkeitskurven zusammengefasst (Kurven Nr. 2 und 4 in der Abbildung). Die Kurven bergen Hinweise auf allgemeine Trends in diesem Arbeitsbereich und werden im Hinblick auf deren Abhängigkeit von den jeweiligen sozialen und wissenschaftspolitischen Bedingungen diskutiert. Zum Vergleich werden derartige Kurven zur gesamten Literatur über weltweit auftretende Krater und Tektite herangezogen.

Dabei wird angenommen, daß die Kurvenverläufe keine wesentlichen Verfälschungen aufweisen, wie sie etwa durch überproportionale Aktivitäten einzelner Wissenschaftler oder Arbeitsgruppen entstehen könnten. Die große Zahl der insgesamt gedruckten Arbeiten sollte in solchen Fällen zu einer Harmonisierung führen.

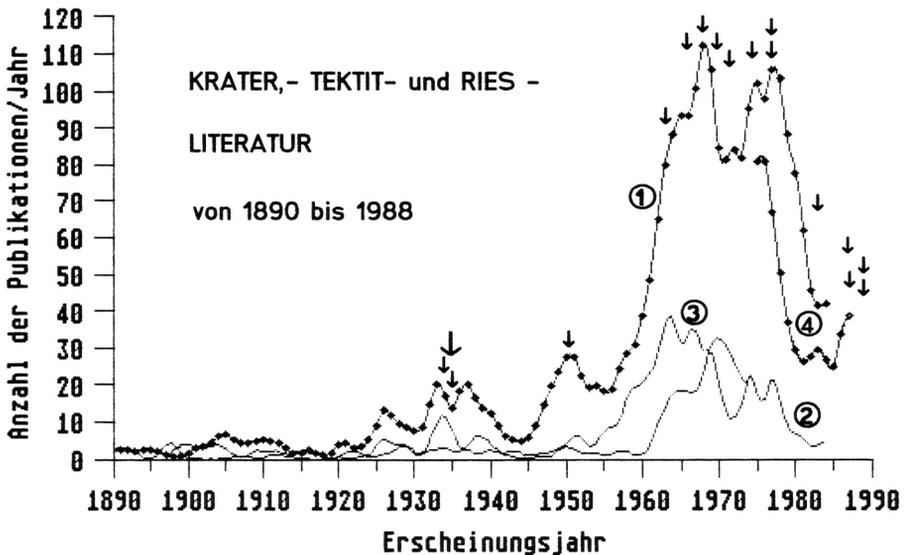
Die Datenbasis für die Kurven wurde Bibliographien entnommen (siehe Abbildung und Legende dazu). Zu Ehren von Herrn PREUSS wurden die Erscheinungsjahre zum Thema gehöriger Veröffentlichungen aus seiner Feder im Diagramm besonders gekennzeichnet (Pfeile ↓ und ↓↓).

Die den Kurven zugrundeliegenden Bibliographien

In nennenswerter Anzahl und Frequenz wurden Arbeiten aus den genannten Gebieten ungefähr seit 1890 veröffentlicht. Deshalb wurde der Kurvenbeginn auf dieses Jahr gelegt. Vorher erschienen vereinzelt wichtige Arbeiten – unter anderem auch von Wissenschaftlern die heute noch berühmt sind (z. B. Ch. DARWIN, 1844, über Australite und M. H. KLAPROTH, 1816, über die chemische Analyse eines Moldaviten).

Die drei Kurven welche die größte Zeitspanne überstreichen, haben im allgemeinen einen gleichsinnigen Verlauf – lediglich zu den Zeiten, in denen die Anzahl der Publikationen überhaupt gering ist, treten signifikante Abweichungen

auf. Allen drei Kurven gemeinsam sind jedoch auch dann die Maxima, bezw. Nebenmaxima. Die nach den Literaturstellen in GROLIER (1985) gezeichnete Kurve, mit der größten absoluten Zahl verwerteter Literaturzitate, gibt die generellen Verhältnisse am besten wieder. Dazu ist zu bemerken, daß sicher nicht alle vorhandenen Arbeiten durch GROLIER erfasst werden konnten – was sein Verdienst jedoch nicht schmälern soll. Dies wird ersichtlich, wenn man die von POHL (1989) für die Zeit von 1977 bis 1983 gesammelte Zahl der Literaturstellen über den Ries-Krater ($n = 236$), mit der von GROLIER für dieselbe Zeitspanne und denselben Krater erfassten ($n = 66$), vergleicht. Daraus darf jedoch nicht der scheinbar naheliegende Schluß gezogen werden, daß die Gesamtzahl der



Legende zur Abbildung:

- ⊗ 1: Impakt-Krater - Literatur bis 1983 ($n = 2344$; GROLIER, 1985)
- 2: Ries - Literatur bis 1983 ($n = 404$; GROLIER, 1985)
- 3: Tektit - Literatur bis 1973 ($n = 645$; O'KEEFE, 1976)
- 4: Ries - Literatur von 1977 bis 1988 ($n = 421$; POHL, 1989)
- ↓ : Erscheinungsjahre einiger Arbeiten von PREUSS (↓ : 1935, Dissertation)

Die Kurven sind rechnerisch etwas geglättet; das wahre Maximum in Kurve 1 liegt bei 125 Publikationen im Jahr 1969

von GROLIER erfassten Literaturstellen mit dem Faktor $236/66 \approx 3.6$ zu multiplizieren wäre, um auf die "richtigere" absolute Anzahl zu kommen. Es ist vielmehr so, daß POHL, wegen seiner räumlichen und geistigen Nähe zum Ries, eine besonders vollständige Literaturerfassung erzielt hat; wie die Vollständigkeit der Literaturerfassung GROLIERS bei anderen Kratern ist, entzieht sich meiner

Kenntnis..... Die GROLIER –Kurve läßt sich jedoch an der POHL–Kurve eichen: der Verlauf der beiden Kurven ist parallel und die Maxima und Minima liegen jeweils zu denselben Zeiten. Dies wird von mir dahingehend interpretiert, daß GROLIERS Kurvenverlauf die relativen Verhältnisse für weltweit erschienene Arbeiten richtig wiedergibt, bzw., daß die Ries–Kurve von POHL ein (verkleinertes) Abbild eines Segments der auf der größeren Anzahl von Publikationen beruhenden Kurve darstellt. Die Übereinstimmung der Kurve für Tektite (nach der Bibliographie in O`KEEFE , 1976; Literatur bis 1973 berücksichtigt), mit denen für Krater, ist im Detail nur mäßig. Zumindest zeigt sie, wie diese, ein Maximum um die Jahre 1935 und 1965.

Die folgenden Bemerkungen beziehen sich auf die Kurve nach GROLIER – Werten zwischen 1890 und 1983. Ab letzterem Datum vermerkt GROLIER eine unvollständige Erfassung der Literatur durch ihn selbst; dies wird ohne weiteres verständlich, wenn man berücksichtigt, daß er seine 1985 erschienene Arbeit in den USA anfertigte, während doch viele Publikationen etwa in der UdSSR oder in anderen Ländern – meist in der jeweiligen Landessprache – herauskamen.

Bemerkungen zu einzelnen Zeitabschnitten der Kurve

1900 – 1914: der Kurvenanstieg entspricht sicher der Entwicklung der Technisierung und Industrialisierung im selben Zeitabschnitt. Wahrscheinlich hatten zudem die Arbeiten von F. E. SUESS, der sich neben der Strukturgeologie intensiv mit Tektiten beschäftigte, ab etwa 1901 eine Funktion als Wegbereiter für Veröffentlichungen anderer Autoren auf diesem Gebiet.....

1914 – 1919: der erste Weltkrieg findet auch in wissenschaftlicher Tätigkeit (bezw. Untätigkeit) seinen Niederschlag als Minimum der Kurve.

1919 – 1937: Die Erholung von den Kriegereignissen verbunden mit weiterer Technisierung und einem erneuten Aufschwung der Naturwissenschaften, wird von der ökonomischen Krise ("Weltwirtschaftskrise" 1929) unterbrochen. In Kolonialländern werden Tektite entdeckt und beschrieben (z. B. LACROIX: Indochina, Elfenbeinküste); Nordamerikanische Tektite werden 1936 für die Wissenschaft entdeckt. Entsprechend ist die Fluktuation in der Publikationsfrequenz.

1937 – 1945: rückläufige Tendenz wegen Vereinnahmung der Naturwissenschaften durch Kriegsvorbereitung (Europa, bes. Deutschland) und Krieg (weltweit).

1945 - 1950: Wiederaufnahme der wissenschaftlichen Tätigkeit weltweit und Publizierung der Arbeiten, die durch Krieg verhindert wurden. Hierzu gehören Arbeiten, denen sinnfällige Beobachtungen von Geologen und Physikern während des Krieges zugrundeliegen ("Bombentrichter" als Analogien für Meteoritenkrater). Die Zahl der Veröffentlichungen steigt wieder an.

1950 - 1955: der Rückgang in der Publikationsfrequenz stellt hier wahrscheinlich eine "Erholungszeit" dar: werden Arbeiten durch Publikation abgeschlossen, dauert es bei experimentellen Untersuchungen meist 2 - 3 Jahre, bis neue Ergebnisse vorliegen und publiziert werden können. Bei einer relativ geschlossenen Gemeinschaft von Wissenschaftlern wie denen, die sich mit den betrachteten Gebieten beschäftigen, wird sich deshalb zwangsläufig ein derartiger "Sägezahneffekt" in der Publikationsfrequenz einstellen, wenn vorher eine Nullstellung und Synchronisation (Krieg/Kriegsende) stattgefunden hat. Dieser Effekt schwächt sich mit der Zeit langsam ab, ähnlich wie gedämpfte, sich überlagernde und interferierende harmonische Schwingungen abklingen.

1955 - 1969: die etwa im Jahre 1955 einsetzende Zunahme der Publikationsfrequenz mit Krater- und Impaktforschung befasster Arbeiten, geht nicht zuletzt auf die Ergebnisse zurück, die an durch Kernwaffen erzeugten Kratern gewonnen wurden. Von 1945 bis 1963 (Atomteststop-Abkommen) fanden 259 amerikanische und 126 russische Versuche statt, von denen einige auch für wissenschaftliche Experimente bereitgestellt worden waren. Die künstlich freisetzbaren Energien reichten damit erstmals in der Menschheitsgeschichte an die Energien heran, die auch bei natürlichen kraterbildenden Impaktvorgängen umgesetzt wurden.....

Der Kurvenanstieg fällt auch nicht zufällig mit der Einführung neuer Techniken wie XRF, AAS, Massenspektrometrie, Neutronenaktivierung und Mikrosonde in der Geochemie zusammen. Die Disziplin "Isotopengeochemie" beginnt sich zu etablieren und die ersten isotopischen Alter für Krater und Tektite werden publiziert. Spurenelemente und isotopische Signaturen benutzt man ab jetzt vermehrt als geochemische Indikatoren, um Hinweise auf die Herkunft von Tektiten und die Druck/Temperatur-Bedingungen bei Kraterbildungen zu gewinnen. Entsprechend untersucht man auch Elementfraktionierungen bei hohen Temperaturen. Präzise Spurenelement-Bestimmungen und schlüssige Interpretationen der Ergebnisse, gab es bereits früher (z. B. PREUSS, 1934/1935; s. Abb.). Auf den hohen Standard dieser frühen spektralanalytischen Arbeiten von PREUSS wird in einer "den Anfängen spurenanalytischer Untersuchungen an Tektiten" gewidme-

ten Veröffentlichung hingewiesen (FRANKE, 1989).

Ob die von dem damaligen USA – Präsidenten KENNEDY im Jahre 1961 ausgegebene nationale Parole, "in diesem Jahrzehnt, einen Menschen auf den Mond und zurück auf die Erde, zu bringen", einen direkten Einfluß auf den betrachteten Kurvenverlauf bis 1969 hatte, sei dahingestellt. Sicher hatte sie einen indirekten, indem vermehrt Geldmittel für Forschung auf dem Gebiet der Impakto- logie freigegeben wurden, da einige Forscher – nicht alle – die Mehrzahl der Mondkrater für Impaktkrater hielten. Zu Recht, wie sich herausstellte. Manche sehen in der Hinwendung der USA zum Mond eine geplante Umlenkung des enormen wissenschaftlichen und technischen Potentials, welches im Vietnam- krieg gebunden war und dessen Ende sich aus militärischen und politischen Gründen anbahnte (beendet wurde der Krieg schließlich 1973; ein Monat Viet- namkrieg kostete die Nation soviel, wie das ganze Apollo-Mondprojekt ohne Entwicklungskosten für die Trägerraketen – wenn man nur von Geld redet).

1969 – 1973: diejenigen Wissenschaftler, welche Impakt- und Tektitforschung betrieben, waren in dieser Zeit hauptsächlich und mehrheitlich damit beschäf- tigt, Mondmaterial zu untersuchen, weshalb die Publikationen über irdische Krater weniger wurden. Die erste Mondlandung, während der Mondproben gesam- melt und auf der Erde untersucht wurden, fand 1969 statt (Apollo 11, USA) – die letzten 1973 (Apollo 17, USA und Luna 20, UdSSR).

1973 – 1977: der Wiederanstieg der Kurve geht darauf zurück, daß sich ab 1973 die Wissenschaftler, im Bewußtsein der am Mond gewonnenen Erkennt- nisse, erneut irdischen Kratern zuwenden konnten. Die Untersuchungen an Mondmaterial wirkten insgesamt recht befruchtend auf erdgebundene geologi- sche Forschung. Neue instrumentelle analytische Methoden und geologische Ideen und Vorstellungen wurden durch die Monduntersuchungen wesentlich – und günstig – beeinflußt und hatten entsprechende Auswirkungen auf geologi- sche Modellvorstellungen: nicht nur der Mond ist wesentlich durch Impakterei- gnisse in seinen frühen Entwicklungsstadien geprägt worden, sondern auch die Erde (z. B. HORN , 1972). Die vorläufig spektakulärste Folgerung in dieser Hin- sicht ist die, einige der wohl für die Entwicklung des Lebens auf der Erde be- deutsamen paroxysmalen Ereignisse (z. B. das Aussterben der Dinosaurier an der Wende Kreide/Tertiär vor 65 Ma) auf Impakt von Großmeteoriten, Asteroi- den oder Kometen zurückzuführen (ungesicherte Arbeitshypothese !).

1977 – heute: der in dieser Zeitspanne festzustellende Rückgang in der Veröf-

fentlichungs-Rate beruht einerseits wohl auf einer Art kollektiver "Erschöpfung" und einem Mangel an zündenden Ideen in der Impaktforschung. Andererseits erlahmte auch das Interesse der Öffentlichkeit und der Geldverteiler (wenn es nicht nur "von Oben" gesteuert sein sollte) an den immer neuen und spektakulären naturwissenschaftlichen Pioniertaten, wie sie die Weltraumforschungen darstellten. Bereits die Landung von Apollo 17 auf dem Mond wurde in USA nur als Rahmenprogramm eines "live"-übertragenen Eishockeyspiels im Fernsehen gezeigt, während nur drei Jahre früher, bei der ersten Landung, noch die halbe Welt vor dem Fernsehgerät saß !

Vielleicht ist aber auch das Interesse der Wissenschaftler an Impaktphänomenen auf das "normale" Maß zurückgegangen, während die Zeit der Mondlandungen ziemlich Stress bedeutete. Das normale Maß wäre in dieser subjektiven Betrachtungsweise etwa das heutige Niveau der Kurve, das sich ergibt, wenn man sie vom Jahr 1890 über die Nebenmaxima und kriegsbedingten Minima hinweglegt, und, unter Vernachlässigung des Hauptmaximums, auf heute extrapoliert. Der so extrapolierte Wert entspricht dann ungefähr 50 - 60 Publikationen/Jahr und liegt nur unwesentlich über dem tatsächlichen.....

Ein weiterer Grund könnte sein, daß sich eine nicht geringe Zahl von Impaktforschern, durch die Ergebnisse ihrer eigenen Arbeiten aufgeschreckt (Meteoritenimpakt und seine Folgen als Modell für ein Disaster wie "Nuklearer Winter" und weltweite Zerstörung der Ökosphäre), zunehmend Fragen des Umweltschutzes zuwendet. Derartige Tendenzen sind bereits an den sich verlagernden Schwerpunkten in der wissenschaftlichen Literatur erkennbar.

Zum Beitrag von Preuss zur Tektit- und Kraterforschung

Wichtige hierher gehörige Arbeiten von Herrn PREUSS fallen bis etwa 1977 ausnahmslos mit Maxima der Verteilungskurve zusammen (Pfeile in der Abbildung). Dieser Befund ist keinesfalls auf wissenschaftliches Mitläufertum zurückzuführen, wie jemand der ihn nicht kennt bei oberflächlicher Betrachtung immerhin schließen könnte. Ein solches würde nämlich ein an die herrschenden Lehrmeinungen angepasstes Denken und Arbeiten voraussetzen. Und davon ist PREUSS, wie man an Themen und Inhalten seiner Veröffentlichungen erkennen kann, ganz gewiss frei.

Sicher hatte der von ihm eingeschlagene analytische Weg im Rahmen seiner

Dissertation über Spurenelemente in Tektiten und daraus hervorgehender Publikationen, wesentlich mit dem damals erreichten hohen technischen Stand der Emissions-Spektralanalyse zu tun, zu dem er einiges beitrug. Seine Interpretation, daß als Ausgangsmaterial für Tektite nur tonige Sedimente in Frage kommen, war neu und widersprach der damaligen Sicht von Autoritäten auf dem Gebiet, Tektite seien Meteorite, Fulgurite, u.s.w. Die Arbeit hatte Wegbereiter-Charakter – nicht etwa nur die instrumentellen Aspekte betreffend. Der Doktorvater von PREUSS, der Meteoritenforscher HEIDE in Jena, argumentierte bereits in einer 1936 erschienenen Arbeit anhand der Spurenelementanalysen seines Schülers, für eine Impaktgenese der Tektite.

Ein weiteres Beispiel für die gedankliche Unabhängigkeit von PREUSS betrifft die Bildung von (nicht-vulkanischen) Gesteinsgläsern in Tirol und Nepal. Im Falle der Bimssteine von Köfels/Tirol glaubten einige Wissenschaftler, Hinweise auf eine Impaktschmelzung gefunden zu haben. Ich selbst gehörte auch zu ihnen. Für PREUSS war die Sache nicht so einfach : "nicht jedes nicht-vulkanische Glas ist Impaktglas". Bereits 1971 schlug er deshalb vor, die Bimssteine von Köfels als Produkte einer Reibungsschmelzung während eines Bergsturzes zu deuten. Die Argumente sind zwingend und sollten inzwischen alle ehemaligen Anhänger der Meteoriten-Theorie überzeugt haben. In der Folge wurde der Name **FRIKTIONIT** für alle derart entstandene Gesteine in die Literatur eingeführt (ERISMANN , HEU – BERGER und PREUSS, 1977). Bergsturz als gesteinsbildender geologischer Vorgang wurde bis dahin nicht erkannt und ist sicher nicht nur auf die Alpen und den Himalaya beschränkt.

In neuen und neuesten Arbeiten vertritt PREUSS weiterhin ungewöhnliche und erfrischende Ideen. Beispiele dafür betreffen etwa die Entstehung der "Libyschen Wüstengläser" oder der "Muong Nong" Impaktgläser (PREUSS, 1987; PREUSS und POHL, 1989; u. a.)..... Damit setzt er seine 1934 begonnene wissenschaftliche (und kulturgeschichtliche) Beschäftigung mit Tektiten und Impaktkratern fort. Herr PREUSS kann mit seinen Arbeiten als Vorbild für nachfolgende Generationen von Wissenschaftlern nur empfohlen werden. Dies besonders deshalb, weil er sich niemals modischen Lehrmeinungen unterwarf – wie sie sich immer mal wieder durchsetzen, so als ob *Inhalt* und *Methodik* von Wissenschaft eine Frage demokratischer Gesinnung sein könnten..... Ausserdem zeigte er, wie durch intensive Beschäftigung mit einem Thema, verbunden mit sorgfältiger Analytik, Ergebnisse erzielt werden können, die Bestand haben.

Derartiges zu tun scheint besonders heutzutage, im Zeitalter der rechnerge-

steuerten Meßapparate, notwendig zu sein, wo zunehmend der Einsatz neuester Technik mit guten Ergebnissen und richtigen Interpretationen verwechselt, bzw. gleichgesetzt wird. Denn es ist nicht zu übersehen, daß heute die relativ leichte Verfügbarkeit von Analysenautomaten zu so vielen Meßwerten führt, daß keine Zeit mehr bleibt, über das anhand der Resultate eigentlich zu lösende Problem richtig nachzudenken. Paradox ist auch, daß die ohne Zweifel bestehenden Vorteile einer schnellen Analytik, deshalb zu einem tatsächlichen Rückschritt führen können, weil man nicht mehr gezwungen ist über jede Probe vor der eigentlichen Messung dreimal nachzudenken. Man "mißt halt mal" und wartet darauf, was herauskommt. So geht die "Liebe" zur einzelnen Probe leicht verloren, und mit ihr die Sorgfalt, die man auf sie verwenden sollte. Der Datenausstoß ("output") der analytisch arbeitenden Naturwissenschaften ist aus diesem Grund fast inflationär zu nennen, und könnte unter Zurückbesinnung auf einige wissenschaftliche Tugenden, wie sie durch Wissenschaftler wie Herrn PREUSS gepflegt wurden und werden, nur an Qualität gewinnen.....

Verwendete Literatur

DARWIN, CH. (1844):

zit. n. O`Keefe.

ERISMANN, Th., HEUBERGER, H., PREUSS, E. (1977):

Der Bimsstein von Köfels (Tirol), ein Bergsturz - "Friktionit". *TMPM Tschermaks Min. Petr. Mitt.* **24**, 67 - 119.

FRANKE, H. (1989):

Betrachtungen zu den Anfängen spurenanalytischer Untersuchungen an Tektiten. *Chem. Erde* **49**, 1 - 5.

Grolier, M. J. (1985):

Bibliography of Terrestrial Impact Structures. *NASA Tech. Mem.* **87 567**, 539 S.

HEIDE, F. (1936):

Seltene Elemente in Tektiten. *Forsch. Fortschr.* **12**, 232.

HORN, P. (1972):

The Ries-Kessel, Germany: an example of meteorite impact as a terre-

strial geological process. *Geoforum* **12**, 91 – 95.

KLAPROTH, M. H. (1816):

zit. n. Suess.

O´KEEFE, J. A. (1976):

Tektites and their Origin. *Developments in Petrology* **4**, Elsevier, 254 S.

POHL, J. (1989):

Ries-Bibliographie 1977 – 1988. *Inst. Allg. u. Angew. Geophys., München*.

PREUSS, E. (1935):

Spektralanalytische Untersuchung der Tektite. *Inaugural. Diss. Math. Nath. Fak. d. Friedrich Schiller – Univ., Jena*, 114 S.

PREUSS, E. (1964):

Das Ries und die Meteoritentheorie. *Fortschr. Mineral.* **41**, 271 – 312.

PREUSS, E. (1971):

Über den Bimsstein von Köfels/Tirol. *Fortschr. Mineral.* **49**, Beih. **1**, 70.

PREUSS, E. (1987):

Vergleich von Libyschem Wüstenglas und Muong Nong Glas. *2nd Conf. Nat. Glasses, Prag*, 60.

PREUSS, E., MASCH, L. und ERISMANN, TH. E. (1987):

Friktionit. *2nd Conf. Nat. Glasses, Prag*, 61

PREUSS, E., POHL, J. (1989):

Microtektites in Muong Nong Tektites. *Abstr.* **52**, *Ann. Met. Soc., Wien*, 200.

PREUSS, E., POHL, J., FEHR, TH., ROSE, D. (1989):

Microtektites in Muong Nong type tektites. *Im Druck: Meteoritics* **4**, 1989

SUESS, F. E. (1901):

Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser. *Jahrb. K. K. Geol. Reichsanst. Wien*, **50**. Bd., H. 2 für 1900, 193 – 382.