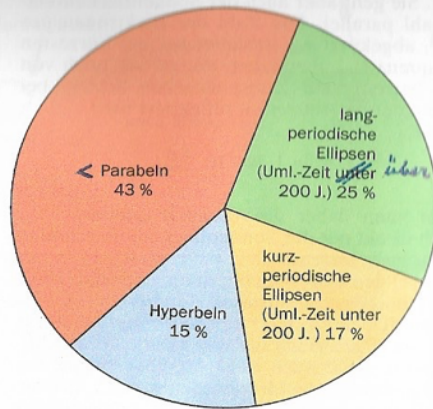


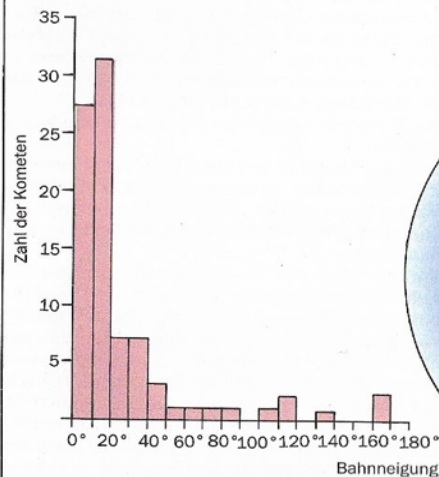
A Die Zahl der Kometenentdeckungen pro Jahrzehnt von 1700 - 1960



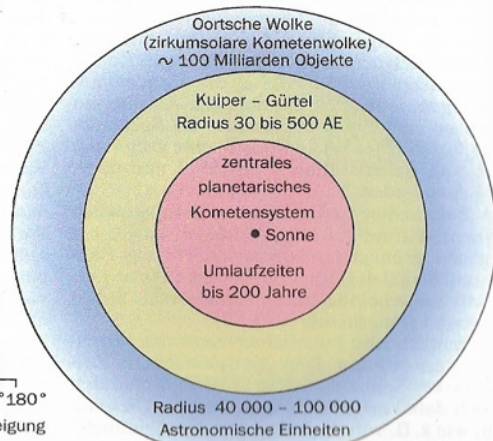
B Die Verteilung der Bahnformen von Kometenbahnen (Untersuchungsmaterial: 658 Objekte)

Sichtbarkeitsdauer	älterer Zeitraum	moderner Zeitraum
1 - 99 Tage	68 %	33 %
100 - 239 Tage	55 %	11 %
240 - 500 Tage	13 %	3 %

C Anteil der Parabelbahnen bei Kometen für verschiedene Sichtbarkeitsdauer, sowie ältere (ungenauere) und modernere (genauere) Beobachtungen



D Häufigkeitsverteilung der Bahnneigungen der Kometen des zentralen planetarischen Kometensystems



E Einteilung des Kometensystems (nicht maßstäblich)

Geschichte der Kometenforschung

Die Kometen waren bereits dem Altertum bekannt. Viele von ihnen werden so hell und stehen mit so langen Schweifen unerwartet am Himmel, daß sie im alten Sternenglauben als unheilbringende Gestirne angesehen wurden. Diese Kometenfurcht bestand noch über das Mittelalter hinweg bis tief in die Neuzeit hinein.

ARISTOTELES und PTOLÉMÄUS hielten die Kometen für Ausdünstungen innerhalb unserer Erdatmosphäre. SENECA (4 v. Chr.-65 n. Chr.) sprach dagegen erstmals von selbständigen Himmelskörpern. REGIOMONTANUS maß 1472 den Winkeldurchmesser der Kometen. Erste Entfernungsbestimmungen führte TYCHO BRAHE 1577 aus. Er kam zu dem Ergebnis, daß der von ihm beobachtete Komet mindestens 230 Erdradien entfernt sein und sich damit weit außerhalb der Erdatmosphäre bewegen müsse. Dadurch entfiel eine terrestrische Deutung dieser Erscheinungen.

Aber es sollte noch Jahrzehnte dauern, bis sich diese Erkenntnis durchsetzte. Selbst GALILEI widersprach dieser Annahme. 1682 war es E. HALLEY möglich, die Identität des in diesem Jahre auftauchenden Kometen mit denen von 1607, 1531 und 1456 nachzuweisen und für dieses später als Halleyscher Komet bekannte Objekt eine langgestreckte elliptische Bahn um die Sonne mit einer Umlaufzeit von 76 Jahren zu berechnen. So konnte er auch erstmals eine Vorhersage für die Wiederkehr eines Kometen geben. Tatsächlich wurde der Halleysche Komet auch 1758/59 wieder gesehen.

Nach der Erfindung des Fernrohrs, vor allem aber nach Einführung der Astrophotographie Ende des 19. Jahrhunderts stiegen die Entdeckungszahlen zunächst langsam, später sprunghaft an (s. S. 118 A). Die ältesten Kometenberichte gehen bis ins 3. vorchristliche Jahrtausend zurück. Ein Kometenkatalog von M. F. BALDET reicht bis zum Jahr -2315 und verzeichnet bis zum Jahre 1963 (Juli) insgesamt 1738 Objekte, von denen nur 132 zweifelhaft sind. In der Zeit von Christi Geburt bis zum 17. Jahrhundert wurde, soweit die Berichte als vollständig angesehen werden dürfen, durchschnittlich alle 4 Jahre ein Komet entdeckt. In der Gegenwart ist im Mittel pro Jahr mit rund 100 Kometenentdeckungen zu rechnen.

Die Bezeichnungweise der Kometen

Zuständig für die Bezeichnung war und ist die Telegrammzentrale der Internationalen Astronomischen Union (IAU) in Cambridge, Mass., USA. Früher erhielten die Kometen provisor. in der Reihenfolge ihrer Entdeckung innerhalb eines Jahres Buchstaben, also 1975a, 1975b usw. Es folgten die Namen ihrer Entdecker. Dabei gab es mitunter bis zu Dreifachnennungen. Diese Bezeichnungen wurden nach Vorliegen definitiver Bahnelemente durch röm. Zahlen in der Folge des Periheldurchgangs ersetzt, z. B. Komet Crommelin (1956 VI). 1995 beschloß die IAU eine neue Bezeich-

nungsweise. Das neue System entspricht dem bisherigen für Kleinplaneten (s. S. 95). Der Jahreszahl folgt ein Buchstabe für den Halbmonat, in dem die Entdeckung erfolgte. Dabei steht A für die 1. Januarhälfte, B für die 2. Januarhälfte, C für die 1. Februarhälfte usw. Darauf folgt eine Zahl für die Entdeckung innerhalb dieser Monatshälfte. 1995 D 3 ist also die dritte Entdeckung in der 2. Februarhälfte. Voraus geht ein weiterer Buchstabe für die Objektart: A/ Kleinplanet, C/ nicht periodischer, P/ periodischer Komet, X/ Komet ohne bekannte Bahn, D/ nicht existierender oder verschwundener Komet. Das System hat den Vorteil, daß der Buchstabe des Objekts später getauscht werden kann ohne die eigentliche Bezeichnung abzuändern. In letzter Zeit kam es vor, daß man den Objekttyp anfangs falsch einschätzte und z. B. ein Kleinplanet in einen Kometen geändert werden mußte. Daneben gibt es aber auch mit einigen Einschränkungen, was die Zahl der Nennungen betrifft, immer noch Namen nach den Entdeckern. Außerdem erhielten die gesicherten periodischen Kometen durchlaufende Numerierungen (s. S. 120).

Kometenbahnen

Die Kometen werden meistens nur dann beobachtbar, wenn sie in den inneren Bereich des Planetensystems, also wenigstens in den Raum innerhalb Jupiter vordringen. Da ihre Bahnen aber meist erheblich darüber hinausragen, ist bei vielen neuentdeckten Kometen nur ein sehr kurzes Bahnstück in der Nähe des Perihels zu erfassen. Es wird deswegen der Einfachheit halber dieses Bahnstück zunächst als Teil einer Parabel vorausgesetzt, d. h. es werden parabolische Bahnelemente gerechnet. Erst später kann vielleicht entschieden werden, ob es sich stattdessen um Ellipsen oder Hyperbeln handelt. Am besten sind die Bahnelemente solcher Kometen bekannt, die in kurzperiodischen Ellipsen die Sonne umlaufen und daher in zwei oder mehreren Erscheinungen bei ihrer Wiederkehr ins Perihel beobachtet werden konnten. (2015-2000) Inzwischen sind für weit über 1000 Kometen Bahnelemente berechnet worden. Daraus ergibt sich eine bestimmte Verteilung der Bahnformen (s. Abb. B). Bemerkenswert ist die große Zahl der Parabelbahnen, was aber gerade auf den oben erwähnten Umstand der kurzen Beobachtbarkeit zurückzuführen ist. Ein weiterer Test für diese Vermutung ist allein schon der statistische Befund, daß der Prozentanteil von Parabelbahnen um so niedriger ist, je länger die Sichtbarkeit, d. h. je größer der durchbeobachtete Bahnbogen war. Ältere Kometen zeigen gleichfalls wegen der geringeren Meßgenauigkeit mehr Parabeln. Die Statistik der Kometenbahnen muß also mit Vorsicht betrachtet werden. Am häufigsten dürften entgegen den vorliegenden Zahlenangaben die Ellipsen sein. Hyperbolische Bahnen können auch durch Störungen aus ursprünglich elliptischen Bahnen entstanden sein. Jedenfalls ergab sich bei 36 Ko-

Komet	Name	P	q	e	ω	Ω	i	Q
2P	Encke	3.28	0.331	0.850	186.3	334.7	11.9	4.09
107P	Wilson-Harrington	4.29	0.996	0.623	90.9	271.1	2.8	4.29
26P	Grigg-Skjellerup	5.10	0.995	0.664	359.3	213.3	21.1	4.93
45P	Honda-Mrkos-Pajdušáková	5.30	0.541	0.822	325.8	89.3	4.2	5.54
73P	Schwassmann-Wachmann 3	5.34	0.933	0.695	198.8	69.9	11.4	5.18
41P	Tuttle-Giacobini-Kresák	5.46	1.068	0.656	61.6	141.6	9.2	5.14
10P	Tempel 2	5.48	1.484	0.522	194.9	118.2	12.0	4.73
9P	Tempel 1	5.50	1.494	0.520	178.9	69.0	10.6	4.73
46P	Wirtanen	5.50	1.083	0.652	356.2	82.3	11.7	5.15
37P	Forbes	6.13	1.447	0.568	310.5	334.5	7.2	5.25
7P	Pons-Winnecke	6.38	1.261	0.634	172.3	93.4	22.3	5.62
6P	d'Arrest	6.39	1.292	0.625	177.1	139.5	19.4	5.59
31P	Schwassmann-Wachmann 2	6.39	2.070	0.399	358.2	126.2	3.8	4.82
22P	Kopff	6.45	1.580	0.544	162.8	120.9	4.7	5.35
43P	Wolf-Harrington	6.51	1.608	0.539	187.0	254.9	18.5	5.37
21P	Giacobini-Zinner	6.61	1.034	0.706	172.5	195.4	31.8	6.01
44P	Reinmuth 2	6.64	1.893	0.464	45.9	296.2	7.0	5.17
18P	Perrine-Mrkos	6.72	1.272	0.643	166.0	240.9	17.8	5.85
51P	Harrington	6.78	1.572	0.561	233.5	119.3	8.7	5.59
49P	Arend-Rigaux	6.82	1.438	0.600	329.1	122.1	17.9	5.75
19P	Borrelly	6.88	1.365	0.623	353.4	75.4	30.3	5.87
16P	Brooks 2	6.89	1.843	0.491	198.0	176.9	5.5	5.40
15P	Finlay	6.95	1.094	0.699	322.3	42.4	3.7	6.19
48P	Johnson	6.97	2.313	0.366	208.3	117.3	13.7	4.98
33P	Daniel	7.06	1.649	0.552	11.0	69.1	20.1	5.71
17P	Holmes	7.09	2.177	0.410	23.2	328.0	19.2	5.21
30P	Reinmuth 1	7.31	1.874	0.502	13.3	119.7	8.1	5.66
4P	Faye	7.34	1.593	0.578	203.9	199.6	9.1	5.96
47P	Ashbrook-Jackson	7.49	2.316	0.395	348.7	2.7	12.5	5.34
61P	Shajn-Schaldach	7.49	2.345	0.388	216.6	166.9	6.1	5.31
52P	Harrington-Abell	7.59	1.774	0.540	138.7	337.3	10.2	5.95
50P	Arend	7.99	1.850	0.537	47.1	356.2	19.9	6.14
24P	Schaumasse	8.22	1.202	0.705	57.5	81.1	11.8	6.94
14P	Wolf	8.25	2.428	0.406	162.3	204.1	27.5	5.74
58P	Jackson-Neujmin	8.42	1.438	0.653	196.6	163.8	14.1	6.84
36P	Whipple	8.53	3.094	0.259	201.9	182.5	9.9	5.25
74P	Smirnova-Chernykh	8.57	3.572	0.147	89.0	77.5	6.6	4.81
32P	Comas Solá	8.78	1.830	0.570	45.5	61.1	13.0	6.68
59P	Kearns-Kwee	8.96	2.215	0.487	131.8	315.8	9.0	6.42
64P	Swift-Gehrels	9.21	1.355	0.692	84.8	314.4	9.3	7.43
42P	Neujmin 3	10.6	2.001	0.586	147.0	150.4	4.0	7.67
40P	Väisälä 1	10.8	1.783	0.635	47.4	135.1	11.6	7.98
53P	Van Biesbroeck	12.4	2.401	0.553	134.2	149.1	6.6	8.33
8P	Tuttle	13.5	0.998	0.824	206.7	270.5	54.7	10.3
29P	Schwassmann-Wachmann 1	14.9	5.772	0.045	49.9	312.8	9.4	6.31
28P	Neujmin 1	18.2	1.553	0.776	346.8	347.0	14.2	12.3
27P	Crommelin	27.4	0.735	0.919	195.8	250.9	29.1	17.4
55P	Tempel-Tuttle	32.9	0.982	0.904	172.6	235.1	162.7	19.6
38P	Stephan-Oterma	37.7	1.574	0.860	358.2	79.2	18.0	20.9
95P	Chiron	50.7	8.454	0.383	339.6	209.4	6.9	19.0
13P	Olbers	69.6	1.178	0.930	64.6	86.1	44.6	32.6
23P	Brorsen-Metcalf	70.5	0.479	0.972	129.6	311.6	19.3	33.7
12P	Pons-Brooks	70.9	0.774	0.955	199.0	255.9	74.2	33.5
1P	Halley	76.0	0.587	0.967	111.9	58.9	162.2	35.3
109P	Swift-Tuttle	135	0.958	0.964	153.0	139.4	113.4	51.7
35P	Herschel-Rigollet	155	0.748	0.974	29.3	356.0	64.2	56.9

Symbole siehe Seite 8/9

Auswahl kurzperiodischer Kometen, die in mehr als einer Erscheinung beobachtet wurden

meten mit Hyperbeln für die Zeit vor dem Durchgang durch den inneren Bereich des Planetensystems eine elliptische Bahn. Nur wenige Kometen zeigen echt hyperbolische Bahnen. Da aber nur Hyperbeln und Parabeln ins Unendliche reichen, ist damit klargestellt, daß die Kometen im weiteren Sinne zu unserem eigenen Sonnensystem gehören. Dabei wird allerdings der Bereich der Planetenbahnen von der Mehrheit der Kometen ganz erheblich überschritten. Aus einem deutlichen Überschuß langperiodischer Kometen mit einer Apheldistanz über 20000 AE leitete JAN HENDRIK OORT 1950 eine um das Planetensystem liegende Kometenwolke ab, die heute *Oortsche Wolke* oder *zirkumsolare Kometenwolke* genannt wird. Sie dürfte ca. 100 Mrd. Kometen enthalten. Die meisten sind um etwa 45000 AE herum angesiedelt. Doch reicht die Oortsche Wolke wahrscheinlich bis zu einer Entfernung von 100000 AE oder rund $1\frac{1}{2}$ Lichtjahre. Die Oortsche Wolke ist kugelsymmetrisch um das Planetensystem angeordnet, so daß diese Kometen ganz unterschiedliche Bahnneigungen zur Ebene der Planetenbahnen haben. Durch Bahnstörungen beim gelegentlichen Vorüberzug naher Sterne dringen die Kometen in das innere Planetensystem ein und werden für uns dann überhaupt erst sichtbar. Eine weitere Häufung von Kometen wurde 1951 von GERARD KUIPER im Bereich knapp hinter der Neptun- und Plutobahn bis zu einer Entfernung von 500 AE vermutet (*Kuiper-Gürtel*). Die Bahnneigungen dieser Objekte sind verhältnismäßig klein. Hier sind in den letzten Jahren tatsächlich bereits mehrere Körper entdeckt worden, die aber auch als Eisplaneten bezeichnet werden können (s. S. 95).

Zu dem *zentralen planetarischen Kometensystem* gehören solche Kometen, deren Umlaufzeit weniger als 200 Jahre beträgt. Man bezeichnet sie auch als kurzperiodische Kometen. Die Bahnelemente der wichtigsten gesicherten Kometen sind auf S. 120 zusammengestellt. Von vielen weiteren Kometen liegen aber nur so wenige Beobachtungen vor, daß ihre Bahnen nicht gesichert sind. Wie schwierig dies sein kann, zeigt der Fall des Kometen Wilson-Harrington, der 1949 entdeckt wurde und von dem man zunächst eine Umlaufzeit von 2,31 Jahren annahm. Damit wäre er der Komet mit der kürzesten Umlaufperiode gewesen. Doch ging er in der Folge verloren. Ein 1979 entdecktes Objekt, das zunächst für ein Kleinplanet gehalten wurde, entpuppte sich nach einer neuerlichen Wiederentdeckung 1992 aber tatsächlich als der Komet Wilson-Harrington, dessen Bahn sich inzwischen stark verändert hatte (s. Tabelle S. 120).

Einige Kometen kommen auch der Sonne extrem nahe. Einen Rekord bildete C/1979 Q1 Howard-Koomen-Michels, der (theoretisch) auf seiner Bahn dem Sonnenmittelpunkt auf 245000 km nahe kommen sollte. Da der Sonnenradius aber fast 700000 km beträgt, stürzte

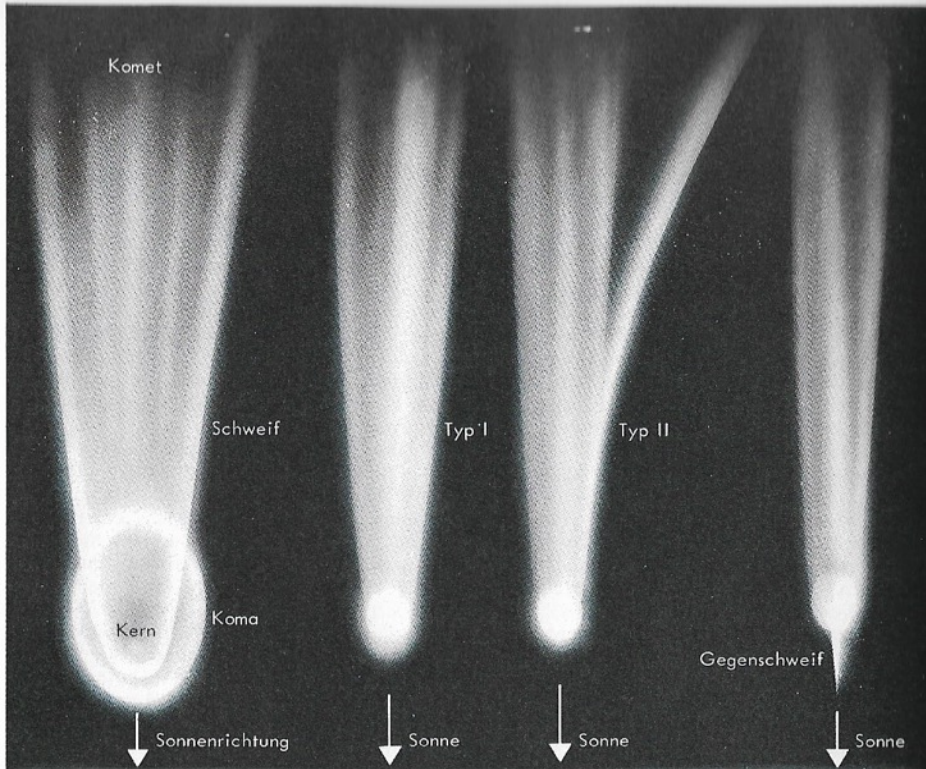
der Komet in die Sonne. Andere Kometen (sog. *Sungazer*) bewegen sich durch die Sonnenkorona und zeigten sich z. B. auf Aufnahmen von Erdsatelliten.

Da Kometen in Entfernungen größer als Jupiter nur in seltenen Fällen zu beobachten sind, bleiben uns Kometen mit Periheldistanzen über 5 AE meist verborgen. Eine Ausnahme bildet C/1976 D2 Schuster mit einer Periheldistanz von 6,88 AE oder 1029 Mill. km. Einige Kometen laufen auch auf Fast-Kreisbahnen (s. S. 124D).

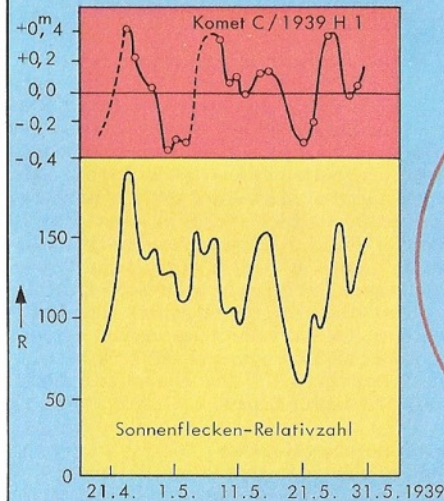
Im Gegensatz zu den großen Planeten sind die Bahnen der Kometen oft beträchtlichen Störungen ausgesetzt, da sie mitunter in verhältnismäßig kleinen Distanzen an Planeten vorüberziehen. Besonders wirksam sind nahe Vorübergänge an dem massereichen Jupiter. Beispiele besonders intensiver Bahnänderungen sind: Komet Brooks 2 verkürzte seine Umlaufzeit 1886 nach einem nahen Jupitervorübergang von 31,4 auf 7,07 Jahre. Komet Lexell hatte vor 1767 eine Umlaufperiode von 11,4 Jahren und eine Periheldistanz von 2,96 AE. 1770 waren es 5,6 Jahre und 0,67 AE geworden. Durch eine erneute Störung wuchsen die Werte nach 1779 auf 174,3 Jahre und 5,35 AE an. Damit wurde dieser Komet schließlich bis in die äußeren Gebiete des Sonnensystems geworfen.

S. 122 B zeigt die Bahnänderung von 7P/Pons-Winnecke in den Jahren 1858 und 1945. Am bemerkenswertesten sind Bahnstörungen, bei denen eine etwas längerperiodische Bahn beim Planetenvorübergang in eine Ellipse verwandelt wird, deren Aphel gerade etwa auf die Jupiterbahn oder wenig jenseits zu liegen kommt (Abb. S. 122 C). Die so eingefangenen Kometen bezeichnet man als eine *Kometenfamilie*. Die Jupiterfamilie (Abb. S. 126) besitzt fast 100 Kometen. Die Umlaufzeiten betragen etwa 5 bis 8 Jahre. Auch für die Planeten Saturn bis Neptun werden Kometenfamilien vermutet, sind aber nicht gut gesichert. Dagegen gibt es im äußersten Sonnensystem andere Kometengruppen, wie die Kuiper-Objekte, Centauren und die Objekte der Oort-Wolke (s. S. 95 und diese Seite links).

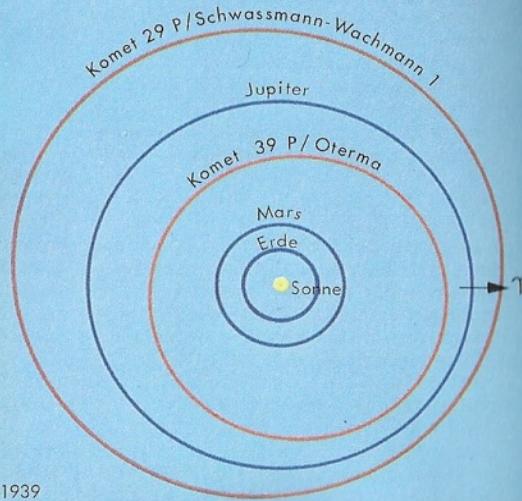
Außerdem gibt es *Kometengruppen*. Ihre Mitglieder haben nahezu dieselben Bahnelemente, so daß der Verdacht besteht, daß sie aus dem Zerfall eines einzelnen Kometen hervorgegangen sein könnten. Es kommen Gruppen mit mehreren Kometen vor, doch ist die Zugehörigkeit zu den Gruppen nicht genau abzugrenzen, da hierfür genaue Bahnelemente erforderlich sind. Die sog. Kreutz-Gruppe enthält vermutlich 9 Kometen: Der Komet C/1668 E1, der Große März-Komet C/1883 D1, der Große Süd-Komet C/1880 C1, der Große September-Komet C/1882 R1, der Große Süd-Komet C/1887 B1, 66P du Toit, C/1963 R1 Pereyra, C/1965 S1 Ikeya-Seki und C/1970 K1 White-Ortiz-Bolelli. Alle haben kleine Periheldistanzen zwischen 0,0048 AE bei C/1887 B1 und 0,0080



A Grundsätzlicher Aufbau eines Kometen
B Verschiedene Typen von Kometenschweif



C Beziehung zwischen der Sonnenaktivität und sekundären Helligkeitsschwankungen des Kometen C/1939 H 1 Jurloff-Achmaroff-Hassel. Die R-Zahlen sind auf den heliozentrischen Ort des Kometen bezogen



D Kometen mit fast kreisförmigen Bahnen

ziemlich unregelmäßig geformt. Es ist ein beachtlich dunkler Körper: Nur 2–4% des auftretenden Sonnenlichts werden reflektiert. Der Kern besteht aus Eis, Staub und anderen festen Materialien, die eine Art »schmutzigen Schneeballs« bilden. Die Dichte des Kerns beträgt vermutlich etwas unter 1 g/cm³. Die Eispartikel sind gefrorene Gase, wie Ammoniak (NH₃), Methan (CH₄), Dicyan (C₂N₂) oder Kohlenmonoxid (CO). Aber auch Wassereis kommt vor und bildet sogar den Hauptbestandteil. Durch gegenseitige Zusammenstöße und die Wirkung der Sonnenstrahlung können die Teilchen eines Kometenkerns weiter zerfallen. Besonders bei einem Aufenthalt im Inneren des Planetensystems verdampft ein Teil des Materials und es bildet sich um den Kern die **Koma** als eine **Gaswolke**, vermischt mit meteoritischen Staubkörnern. Das Abströmen des Materials zeigt sich beim Halleyschen Kometen in kräftigen Jets, die aus einigen Stellen des Kerns austraten. Die neblige und diffus erscheinende Koma hat einen Durchmesser von 10000 bis 100000 km. Die Gasdichte beträgt in der mittleren Koma nur 10000 bis 1 Mill. Moleküle pro Kubikzentimeter. Es sind darin einfache molekulare Bestandteile aus Kohlenstoff C, Stickstoff N, Wasserstoff H und Sauerstoff O enthalten, vor allem CO, CN, C₂, C₃, CH, NH, NH₂, OH, aber auch Eisen, Nickel und Natrium. Während der Kern fast nur im reflektierten Sonnenlicht gesehen werden kann, wird die Koma durch die Sonnenstrahlung zu einem Resonanzleuchten angeregt (**Fluoreszenzanregung**). Das führt dazu, daß die Komahelligkeit mit abnehmender Sonnendistanz schneller zunimmt, als dies bei alleiniger Reflexion der Fall wäre. Die Komahelligkeit m ist

$$m = m_0 + 5 \log \Delta + 2,5 n \log r$$

Dabei ist m₀ die Helligkeit für den Fall, daß der Komet von Sonne und Erde je 1 Astronomische Einheit entfernt ist. Δ ist der tatsächliche Abstand Komet – Erde, r Komet – Sonne. n ist ein für jeden Kometen individueller Wert. Auch bei demselben Kometen ist n veränderlich. Im allgemeinen liegt aber n zwischen 2 und 6.

Bei Sonneneruptionen, also bei Veränderungen der Intensität der kurzwelligen Ultraviolett- und Röntgenstrahlung, die für die Fluoreszenzanregung besonders verantwortlich ist, hat man auch mehrfach Helligkeitsausbrüche von Kometen festgestellt. So stehen die Kometenhelligkeiten auch in einem Zusammenhang zur Sonnenaktivität und den Sonnenfleckenrelativzahlen (s. S. 126 C). Gelegentlich treten auch im Kern regelrechte Explosionen auf, die zu einem Nachschub für die Koma führen. Erdsatelliten stellten fest, daß die Koma der Kometen offenbar von einer riesigen Wasserstoffkorona umgeben ist. Ihr Durchmesser betrug z. B. bei dem Kometen Bennett 10 Sonnendurchmesser (14 Mill. km).

Bei dem Kometen C/1996 B2 Hyakutake konnte erstmals auch eine Röntgenstrahlung gefun-

den werden. Anscheinend zeigen auch andere Kometen diesen Effekt, doch fiel er zunächst nur bei dem nahen Hyakutake auf. Die Röntgenstrahlung entsteht vermutlich durch Wechselwirkung des Sonnenwinds mit der Koma.

Bei kleinen Sonnendistanzen wirkt auch der Sonnenwind (s. S. 115) auf die Gase der Koma. Die von der Sonne ausgehenden elektrisch geladenen Teilchen reißen diese vom Kopf des Kometen weg und es entsteht der **Schweif**, der damit im allgemeinen von der Sonne abgewandt ist. Der Strahlungsdruck spielt bei der Entstehung des **Staubschweifes** eine Rolle. Nicht alle Kometen haben einen Schweif. Lange und kräftige Schweife entstehen, wenn der Komet über einen reichlichen Gasvorrat verfügt und wenn der Sonnenabstand sehr klein wird. Die Schweiflänge kann bis zu 100 Mill. km betragen, in Ausnahmefällen sogar mehr (Komet 1680: 240 Mill. km, Komet 1843: 300 Mill. km). Die Breite erreicht maximal 1–2 Mill. km. So vielfältig die Schweifformen sein können, so kann man sie doch in zwei grundsätzliche Typen einteilen:

Typ I: Ziemlich gerader Schweif, der in einer der Sonne abgewandten Richtung genau auf dem Radiusvektor (Komet – Sonne) angeordnet ist. Er kann aus einem Bündel von Strahlen bestehen (Gasschweif).

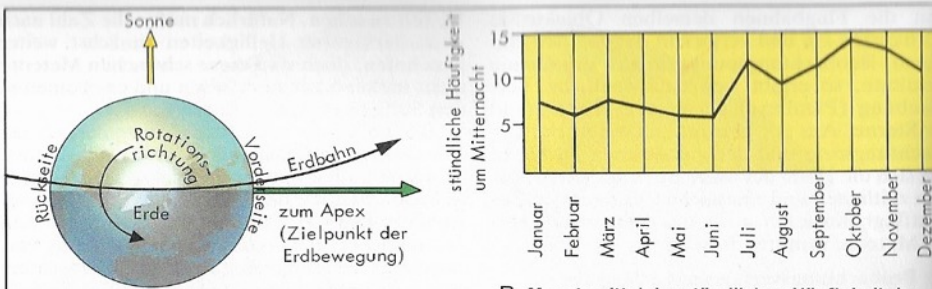
Typ II: Gekrümmter Schweif, gelegentlich in gleichzeitiger Verbindung mit Typ I. Das Spektrum ist kontinuierlich, was auf Streuung des Sonnenlichts an mikroskopisch winzigen Staubpartikeln hinweist (Staubschweif). Bei C/1995 O1 Hale-Bopp wurde ein 3. Schweif aus Natriumatomen gefunden. Offensichtlich stammen diese ursprünglich aus dem Staubschweif.

Ferner kommen, wenn auch selten, **Gegenschweife** vor. Ein bekannter Fall war der Komet C/1956 R1 Arend-Roland. Bei dem **Gegenschweif** handelt es sich um eine in der Bahnebene des Kometen ausgebreitete Staubschicht. Steht die Erde nahezu in der Kometenbahnebene, dann blicken wir genau auf die Kante dieser Schicht, so daß sich diese als feiner Strahl bemerkbar machen kann. Bei schräger Sicht darauf ist dagegen deren Flächenhelligkeit geringer und tritt nicht mehr in Erscheinung.

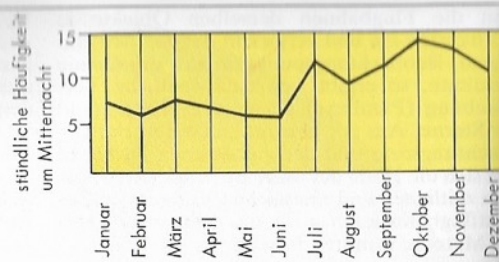
Ganz offensichtlich spielt bei der Gestalt der Kometenschweife auch das im Planetensystem ausgebreitete Magnetfeld eine Rolle (interplanetares Magnetfeld). So erklären sich auch die manchmal korkzicherartig gedrehten Kometenstrahlen.

Das Spektrum der Kometenschweife vom Typ I zeigt uns die Anwesenheit fast durchweg elektrisch geladener Teilchen an. Es handelt sich also physikalisch um ein ionisiertes Gas, ein Plasma. Die Bestandteile sind: CO⁺, CO₂⁺, CH⁺, N₂⁺, OH⁺, H₂O⁺ und freie Elektronen. Die Gasdichte im Schweif beträgt nur 10 bis 100 Moleküle/cm³, was etwa 1/1000 der Gasdichte im extremsten heute technisch herstellbaren »Hochvakuum« entspricht. Die Gesamtmasse der Schweife liegt größenordnungsmäßig bei

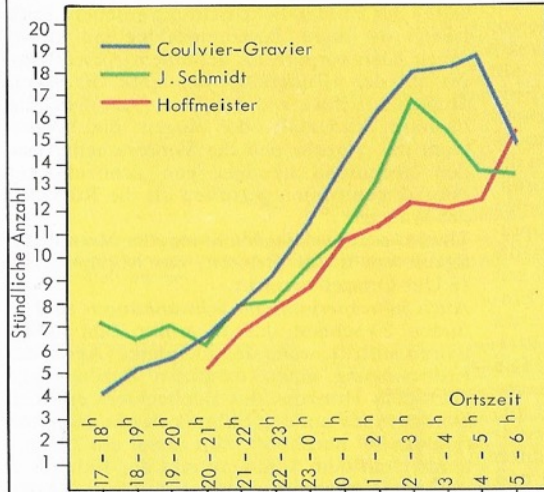
C 2005
Mach...
Bj...



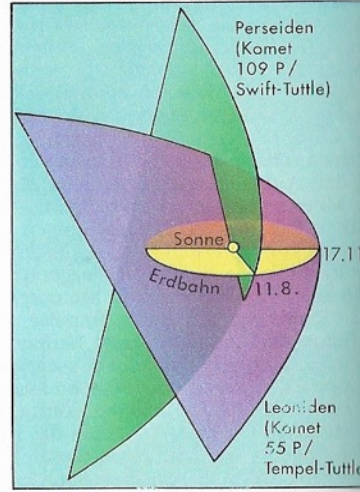
A Zur Erklärung der tagesperiodischen Schwankungen der Meteorhäufigkeit



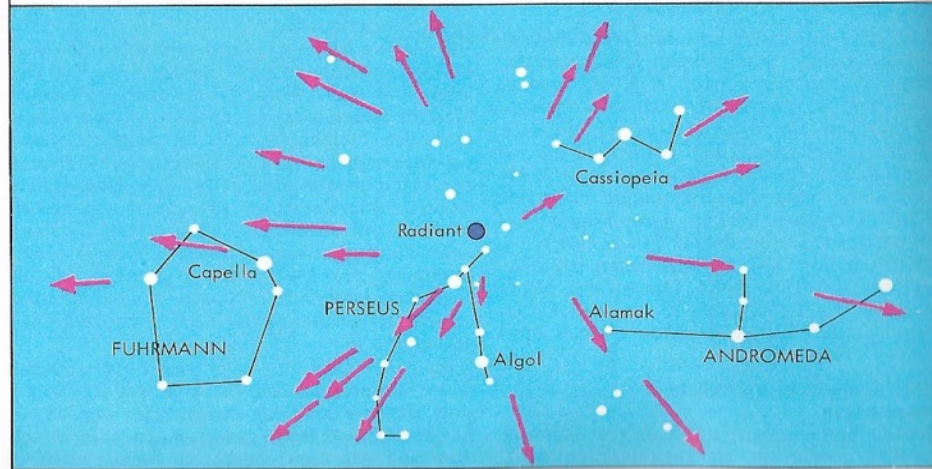
B Monatsmittel der stündlichen Häufigkeit der Meteore um Mitternacht unter Abzug der Strommeteore



C Die tägliche Variation der Meteorhäufigkeit nach verschiedenen Autoren



D Räumliche Lage der Erdbahn sowie der Perseiden- und Leonidenbahn mit den Kreuzungsstellen mit der Erdbahn



E Verschiedene Mitglieder des Perseidenstroms. Der Radiant liegt im nördlichen Teil des Perseus

radial von einem schräg vorne in Fahrtrichtung befindlichen Punkt wegzufiegen. Die Herkunft der Meteorströme ist unterschiedlich. Bei einigen Strömen ist die Identität mit der Bahn bekannter Kometen unverkennbar, so daß diese Ströme als Auflösungsprodukte dieser Kometen anzusehen sind. In anderen Fällen besteht ein Zusammenhang mit der Ebene der Ekliptik, so daß man eine Verbindung mit dem System der Kleinplaneten oder der ebenfalls in der Ekliptikalebene ausgebreiteten interplanetaren Materie (s. S. 139) vermutet. Zum Teil haben sich die Meteorströme stark verbreitert. Bei den Perseiden ist zwar um den 11. August herum ein nur 3-4 Tage dauerndes spitzes Maximum festzustellen. Doch tauchen die ersten Perseiden bereits am 20. Juli, die letzten am 19. August auf, so daß dieser Strom eine Breite von rund 60 Millionen km erlangt hat. Die lang anhaltende Dauer der Perseiden führt übrigens auch zu einer Verschiebung des Radianten am Himmel (s. S. 132 A). Die Ergiebigkeit der Meteorströme ist in den einzelnen Jahren nicht gleich. Vermutlich gibt es lokale Verdichtungen und Verdünnungen der Staubschicht um die Sonne. Auch ist in der Nachbarschaft der verursachenden Kometen die Staubbüchigkeit meist größer. Den Zusammenhang zwischen Meteorströmen und Kometen fand erstmals SCHIAPARELLI 1866. Für die Perseiden ist der Komet 109/P Swift-

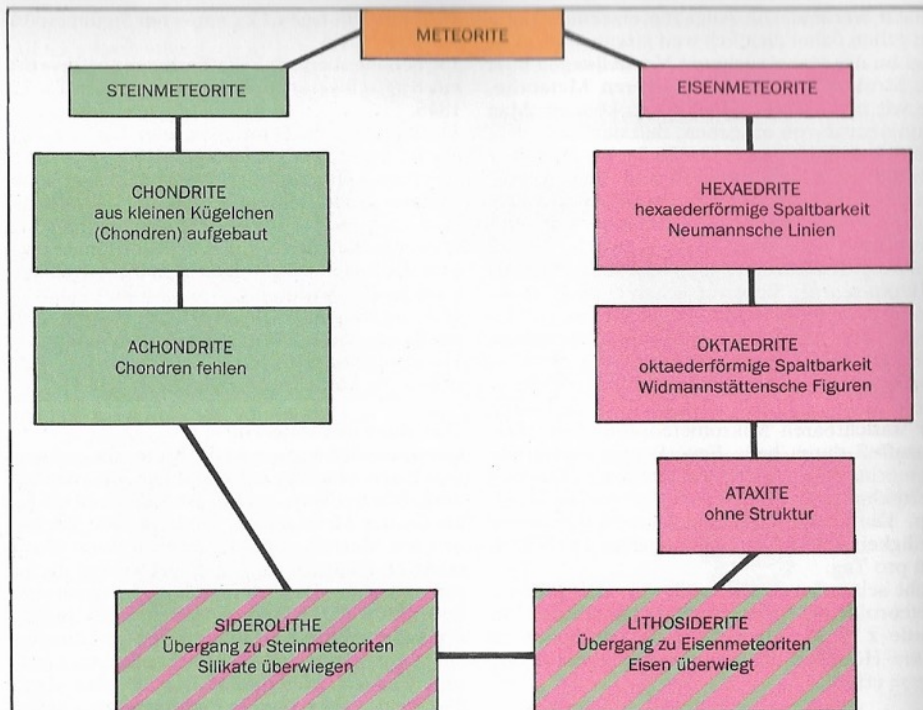
Tuttle zuständig. Die Beziehung wird sehr augenfällig, wenn die Bahnelemente von Perseiden und Erzeugerkomet gegenübergestellt werden. Allerdings war die Bahn des Kometen früher recht unsicher. Man erwartete seine Wiederkehr für 1982. Doch erst 1992 wurde er wiederentdeckt. Am 12. 12. 1992 durchlief er das Perihel in 143 Mill. km Sonnenabstand. Die große Bahnhalbachse beträgt 3937 Mill. km, die Bahnexzentrizität 0,964, die Bahnneigung 113,4°, die Umlaufzeit etwa 135 Jahre. Mit Annäherung des Kometen an sein Perihel nahm die Ergiebigkeit der Perseiden vor 1992 deutlich zu. Swift-Tuttle war auch schon früher beobachtet worden, z. B. 1737 und 69 v. Chr. Die Perseiden werden im Volksmund auch »Laurentius-Tränen« genannt, nach dem hl. Laurentius (röm. Märtyrer, 258 hingerichtet). Eine besonders enge Verflechtung der Umlaufzeit des Erzeugerkometen mit den Jahren der größten Ergiebigkeit der Meteorströme zeigte sich bei den Leoniden und Draconiden. Die Leoniden, die auf den Kometen 55 P/Tempel-Tuttle zurückgehen, zeigten gemäß der Umlaufzeit dieses Kometen von 33 Jahren in Abständen von etwa 33 Jahren starke Maxima, und zwar 1799, 1833 und 1866. Der dichtere Teil des Stroms wurde dann aber 1870 durch Saturn und 1898 durch Jupiter in seiner Bewegung gestört, und es kam 1899/1900 zu keinem besonderen Höhepunkt. Die Leoniden galten

Die wichtigsten Meteorströme

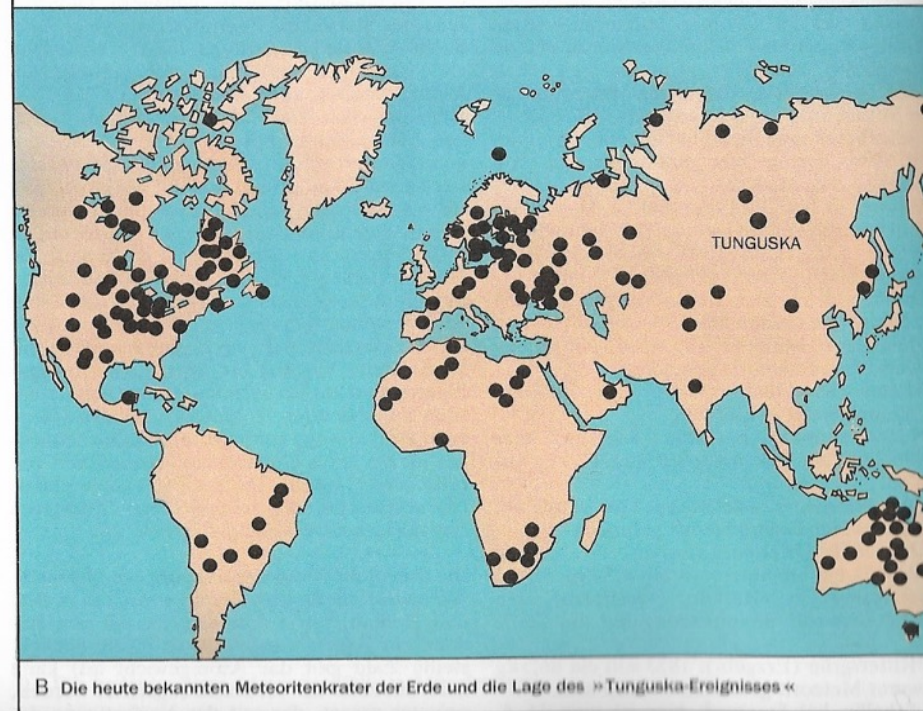
Bezeichnung	Lage des Radianten	Zeitraum	Maximum	stündl. Anzahl	mittl. geozentr. Geschw. km/s	Herkunft
Quadrantiden	Bootes	1. 1.- 4. 1.	3. 1.	145	42,7	planetarisch
Hydranten	Wasserschlange	12. 3.- 5. 4.	25. 3.	15		ekliptikal
Virginiden	Jungfrau	1. 3.-10. 5.	3. 4.	20	30,8	ekliptikal
Lyriden	Leier	12. 4.-24. 4.	22. 4.	40	48,4	C/1861 G1
η Aquariden	Wassermann	29. 4.-21. 5.	5. 5.	120	64	1P/Halley
Scorpius-Sagittariiden	Skorpion-Schütze	20. 4.-30. 7.	14. 6.	20		ekliptikal
δ Aquariden	Wassermann	25. 7.-10. 8.	3. 8.	40	30	ekliptikal
Perseiden	Perseus	20. 7.-19. 8.	11. 8.	300	60,4	109P/Swift-Tuttle
Cygniden	Schwan	25. 7.- 8. 9.	16. 8.	15	26,6	planetarisch
Cepheiden	Cepheus	18. 8.	18. 8.	10		planetarisch
Pisciden	Fische	16. 8.- 8. 10.	12. 9.	15		ekliptikal
Draconiden	Drache	8. 10.-10. 10.	9. 10.	var.	23,1	21P/Giacobini-Zinner
Orioniden	Orion	11. 10.-30. 10.	19. 10.	50	66,5	1P/Halley
Tauriden	Stier	24. 9.-10. 12.	13. 11.	25	31	2P/Encke?
Leoniden	Löwe	14. 11.-20. 11.	17. 11.	var.	72,0	55P/Tempel-Tuttle
Geminiden	Zwillinge	5. 12.-19. 12.	12. 12.	> 50	36,5	ekliptikal
Ursiden	Kl. Bär	17. 12.-24. 12.	22. 12.	10	35,2	8P/Tuttle?
Velaiden	Segel	5. 12.- 7. 1.	29. 12.	12		planetarisch

Die stündliche Anzahl der Objekte bezieht sich auf das ganze Himmelsgewölbe. Der Radiant soll dabei im Zenit liegen. Die tatsächliche Zahl ist das 0,3fache der genannten Häufigkeit, multipliziert mit dem Cosinus des Zenitabstandes des Radianten.

1966/1967
maximale/minimale



A Die Einteilung der Meteorite



B Die heute bekannten Meteoritenkrater der Erde und die Lage des »Tunguska-Ereignisses«

Meteoriten verstrichene Zeitraum. Es ergeben sich Werte von etwa 4,5 bis 5 Milliarden Jahren. In den Fällen, wo beide Methoden angewandt werden konnten, zeigten sich befriedigende Übereinstimmungen.

Element	Anteil in %
<u>Steinmeteorite</u> ~90%	
Sauerstoff	35,71
Eisen	23,31
Silicium	18,07
Magnesium	13,67
Schwefel	1,80
Calcium	1,73
Nickel	1,53
Aluminium	1,52
Natrium	0,65
Chrom	0,32
Kalium	0,17
Kohlenstoff	0,15
Kobalt	0,12
Phosphor	0,11
Titan	0,11
<u>Eisenmeteorite</u> ~10%	
Eisen	89,70
Nickel	9,10
Kobalt	0,62
Phosphor	0,18
Kohlenstoff	0,12
Schwefel	0,08
Kupfer	0,04

Die größten Meteorite der Erde

Der schwerste in einem Stück erhaltene Meteorit befindet sich auf der Hobafarm in Namibia. Er wurde als Meteoriteisen im Jahre 1920 gefunden und hat ein Gewicht von 60 Tonnen. Die Abmessungen sind 2,95 × 2,84 × 1,25 m. Der Meteorit, der 1,5 m tief im Boden eingebettet liegt, wurde unter Naturschutz gestellt. Weitere große Eisenmeteorite wurden gefunden in

1. Cape York, Grönland (1895, 33 t). Er kann heute im American Museum of Natural History in New York betrachtet werden.
2. Bacubirito, Mexiko (1871, 27 t).
3. Mbosi, Ostafrika (1930, 26 t?).
4. Willamette, USA (1902, 14,2 t).
5. Chupaderos, Mexiko (1852, 14 t).
6. Otumpa, Argentinien (1783, 13,6 t).
7. Morito, Mexiko (1600, 11 t).
8. Bendego, Brasilien (1784, 5,4 t).
9. Cranbourne, Australien (1854, 3,5 t).
10. Sichote Alin bei Wladiwostok, Rußland. Hier fielen am 12. 2. 1947 mehrere Meteorite. Das größte Stück wiegt 1,7 t.

Der größte Steinmeteorit fiel am 8. 3. 1976 in Kirin, China, mit 1,77 t.

Große Meteoritenkrater

Die größten Meteoritenfälle waren auch mit der Entstehung von Kratern verbunden. Je nach dem Alter dieser Meteoritenkrater und dem dadurch bedingten Grad der Verwitterung und der Umschichtung der Erdkruste sind sie als auffällige landschaftliche Gebilde, oft aber nur

noch auf Luftbild- und Satellitenaufnahmen oder durch besondere geophysikalische Untersuchungen nachweisbar. Zur Zeit sind über 150 Einschlagskrater bekannt. Jährlich werden 2-4 neue Krater entdeckt. Hier die bekanntesten Krater:

1. Arizona-Krater (Caon Diablo): er hat einen Durchmesser von 1295 m und ist 174 m tief. In der Umgebung des Kraters wurde zahlreiches meteoritisches Material von kleinen mikroskopischen Staubteilchen bis zu größeren Klumpen gefunden. Insgesamt sind es mehr als 30 t. Das Gesamtgewicht des ursprünglichen Meteoriten wird auf 10 Mill. t geschätzt, sein Durchmesser auf 150 m. Das Alter beträgt etwa 20000 bis 25000 Jahre.

Noch bedeutend älter ist das

2. Nördlinger Ries: das Alter des 25 km großen und 200 m tiefen Kraters beträgt 14,8 Mill. Jahre. In der Nachbarschaft befindet sich außerdem das kleinere Steinheimer Becken. Es dürfte gleichzeitig mit dem Ries entstanden sein. Ein Hinweis auf einen ehemaligen Meteoritenfall ist u. a. das im Ries gefundene Coesit - bei hohen Temperaturen und Drucken umgewandelter Quarzsand.

3. Chubb-Krater in NW-Quebec, Kanada: er wurde 1950 entdeckt und ist 3600 m groß. Die Tiefe beträgt über 180 m. Im Innern befindet sich ein See.

4. Odessa, Texas: der 1928 entdeckte Krater hat einen Durchmesser von 162 m und eine Tiefe von 5,5 m.

5. Henbury, Zentralaustralien: hier besteht ein Feld von 13 Kratern. Der größte, etwas elliptisch geformte ist 108 × 198 m groß.

6. Boxhole Station, Zentralaustralien: 175 m großer Krater im Plenty-River-Gebiet.

7. Dalgaranger, Westaustralien: der 1910 gefundene Krater. Durchmesser 69 m.

8. Wolf Creek, Westaustralien: der 854 m große und 52 m tiefe Krater wurde 1947 aufgefunden.

9. Wabar, Arabien: in der Wüste »Rub al-Khali« liegt ein Feld von mehreren Kratern, das 1932 entdeckt wurde. Der größte Krater hat einen Durchmesser von 100 m und eine Tiefe von 10,5 m.

10. Insel Osel/Ostsee: auf dem Gute Sall wurde 1937 ein kleines Kraterfeld endgültig als Meteoriteneinschläge erkannt. Der größte Krater hat 110 m Durchmesser und ist 14-16 m tief.

11. Talemzane, Sahara: etwa 400 km sudstlich von Algier liegt ein 1750 m großer Krater. Noch etwas umstritten.

12. Aouelloul, Sahara: dieser 1920 entdeckte Krater in der westlichen Sahara liegt 40 km südwestlich von Chinguetti und hat einen Durchmesser von 250 m.

13. Chicxulub-Krater: der mindestens 180 km große, »fossile« Krater liegt auf der Halbinsel Yucatan, teilweise unter dem Festland, teilweise unter dem Meeresspiegel. Er geht wahrscheinlich auf den Einsturz eines ca. 10 km großen Asteroiden vor 65 Mill. Jahren zurück, der auch das damalige Artensterben der Organismen

s. Folien

Suerit,
Ries-
MuseumMGM
1967-1971