

# Das Sonnensystem

## Teil 12

Peter Hauschildt

yeti@hs.uni-hamburg.de

Hamburger Sternwarte  
Gojenbergsweg 112  
21029 Hamburg

24. Januar 2019

# Übersicht Teil 12

- ▶ Streuner des Sonnensystems
  - ▶ Asteroiden
  - ▶ Meteoriten
  - ▶ Kometen

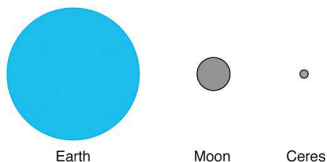
# Asteroiden

- ▶ nach Entdeckung von Uranus:
- ▶ → mehr unbekannte Planeten
- ▶ Idee: *Titius-Bode Reihe*
- ▶ Abstand Sonne-Planet steigt um das 1.4-2 fache pro Planet
- ▶ damals bekannte Ausnahme:
- ▶ Mars → Jupiter: Faktor 3
- ▶ falls Reihe korrekt →
- ▶ sollte Planet zwischen Mars und Jupiter sein

# Asteroiden

- ▶ Suchaktion wurde organisiert
- ▶ erster Erfolg:
- ▶ Piazzi, 1. Jan. 1801
- ▶ kurz danach wieder verloren (hinter Sonne!)
- ▶ Gauss → Bahnberechnung
- ▶ → Position vorhergesagt
- ▶ wiedergefunden am 31. Dez. 1801
- ▶ sehr nahe an vorhergesagter Position!
- ▶ → *Ceres*

# Ceres

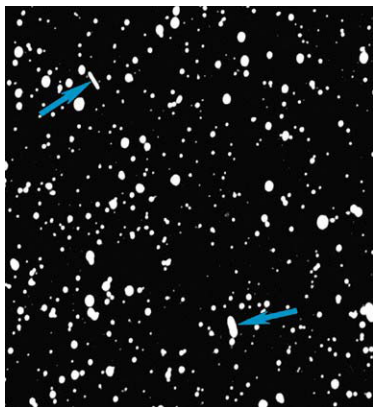


- ▶ 2.77 AU
- ▶ 4.6 yr Umlaufzeit
- ▶ aber nur 918 km Durchmesser
- ▶ → zu klein für echten Planeten
- ▶ → *Asteroid, Kleinplanet*

# Asteroiden

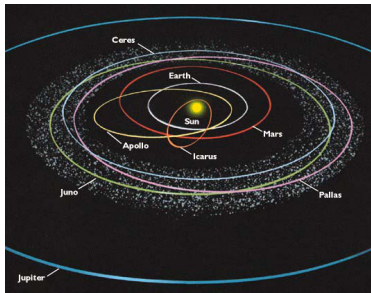
- ▶ Suche ging weiter
- ▶ 28. Mar. 1802 →
- ▶ Olbers findet *Pallas*
- ▶ fast selber Orbit wie Ceres
- ▶ aber nur 522 km Durchmesser
- ▶ → nicht der gesuchte Planet
- ▶ 1804: Juno, 1807: Vesta ...
- ▶ >1850: hunderte ...
- ▶ 1891, Max Wolf: Photographie
- ▶ → Wolf findet 228 Asteroiden

# Asteroiden



- ▶ heute: viele jeden Monat
- ▶ meistens:  
Amateurastronomen
- ▶ nach Bestätigung →  
Nummer/Name
- ▶ 1 Ceres, 2 Pallas
- ▶ 3834 Zappafrank: (1994)

# Asteroiden



- ▶ geschätzt: 100000+
- ▶ Asteroiden sind klein:
- ▶ Ceres: 30% der Gesamtmasse
- ▶ 3 größer als 300 km
- ▶ 30: 200–300 km
- ▶ 200: > 100 km
- ▶ bilden *Asteroidengürtel*

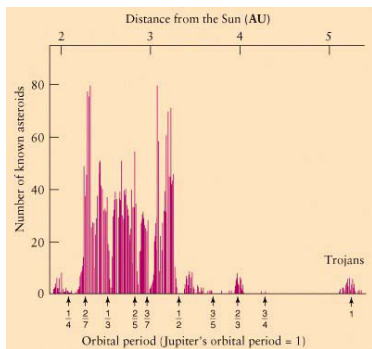
# Asteroiden

- ▶ Dichte trotzdem nicht sehr hoch
- ▶ mittlerer Abstand zwischen Asteroiden:
- ▶  $10^6$  km ...
- ▶ Asteroiden können Erdbahn kreuzen (s.u.)
- ▶ Asteroidengürtel von Jupiter stark beeinflusst
- ▶ Simulation: kein Jupiter →
- ▶ Erd-Klasse Planet bildet sich!

# Asteroiden

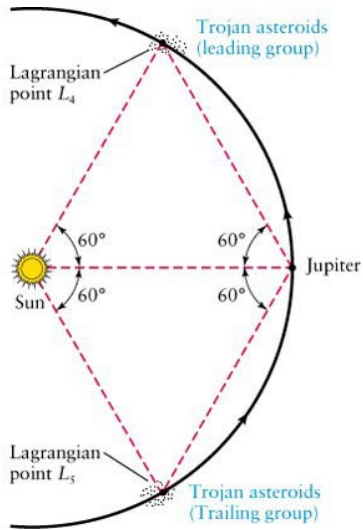
- ▶ Jupiter wirft die meisten Planetesimale raus
- ▶ → Asteroidengürtel bildet sich
- ▶ Jupiter kann *nicht* Bahnen (exzentrisch) erklären
- ▶ → Bildung + Durchgang Mars-Klasse Objekte
- ▶ daher unser Mond??

# Kirkwood Lücken



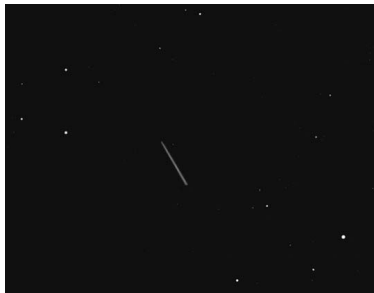
- ▶ Lücken bei einfachen  
fraktionalen Jupiter  
Perioden
- ▶  $1/3, 2/5, 3/7, 1/2 \dots$
- ▶ Anhäufungen bei  $2/3, 3/4$   
(ähnlicher Effekt)

# Trojaner



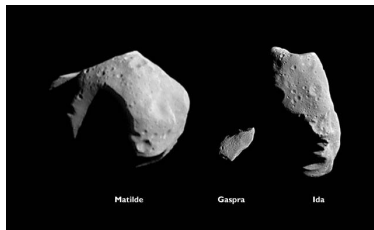
- ▶ Jupiter fängt Asteroiden ein
- ▶ Lagrange Punkte  $L_4$  und  $L_5$
- ▶ → stabile Bahnen

# Asteroiden



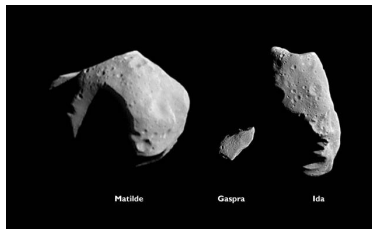
- ▶ können Erdbahn kreuzen
- ▶ Beispiel: 433 Eros  
(23M km min.  
Entfernung)
- ▶ Near-Earth Asteroids  
(NEOs)
- ▶ 1994 XM<sub>1</sub>: 105000 km ...
- ▶ Helligkeitsvariation →  
Form

# Asteroiden



- ▶ Raumsonden → 3  
Asteroiden
- ▶ Galileo (1999) → 951  
Caspia
- ▶ NEAR (1997) → 253  
Mathilde

# Asteroiden



- ▶ Gaspra:  $19 \times 12 \times 11$  km (Movie)
- ▶ Ida:  $56 \times 24 \times 21$  km
- ▶ Mathilde:  $70 \times 50 \times 50$  km
- ▶ Gaspra + Ida: Gestein
- ▶ Mathilde: Kohlenstoff Verbindungen
- ▶ Hinweise auf Zusammenstöße!

# Ida



- ▶ Ida hat einen Mond:
- ▶ Daktyl
- ▶ ca.  $1.6 \times 1.4 \times 1.2$  km
- ▶ Entfernung: 100 km
- ▶ Bei Kollision entstanden?
- ▶ ähnlich: Pallas

# Hirayama Familien

- ▶ Gruppen von Asteroiden mit fast gleichen Orbits
- ▶ Fragmentation eines größeren Asteroiden
- ▶ rel. Geschwindigkeiten: ca. 1–5 km/s
- ▶ dabei können sich solche Klassen bilden

# Meteoriten

- ▶ Asteroiden können mit der Erde zusammenstoßen
- ▶ meistens sehr kleine Stücke
- ▶ verglühen in der Erdatmosphäre
- ▶ → Sternschnuppen
- ▶ aber wenn groß genug →

# Meteoriten

- ▶ Definitionen:
  - ▶ Asteroid/Planetoid: Kleinplanet
  - ▶ Komet
  - ▶ Meteor: Leuchterscheinung in der Atmosphäre
  - ▶ Meteorit: was auf der Erde übrig bleibt
  - ▶ Meteorid: im Weltraum vor dem Zusammenstoß
  - ▶ Feuerball: Besonders heller Meteor (Movie)
- ▶ tägliche viele Meteore!
- ▶ normal: Verglühen in der Atmosphäre
- ▶ selten: Erreichen der Erdoberfläche

# Meteoriten



- ▶ Einschlag samt Krater (Movie)
- ▶ Barringer Krater (Winslow, Arizona)
- ▶ 1.2 km Durchmesser, 200 m tief
- ▶ 50000 yr alt
- ▶ Meteorit war ca. 50 m gross, 100 km/s schnell
- ▶ → 20 Mton TNT

# Meteoriten



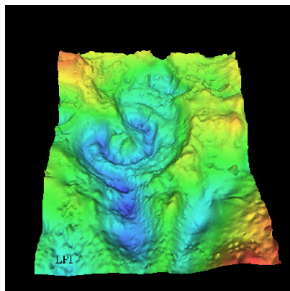
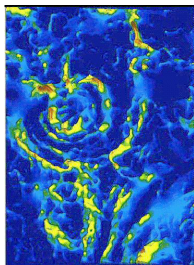
- ▶ das kann Folgen haben!
- ▶ 9.10.1992, Peetskill, NY (Movie)
- ▶ 12 kg Meteorit
- ▶ Autoversicherung deckt das nicht ab!
- ▶ aber Auto+Meteorit wurden für 10 tausende verkauft!

# Meteoriten



- ▶ größere Einschläge wurden gefunden
- ▶ Schicht aus Indium-reichem Material
- ▶ ca. 65 Myr alt

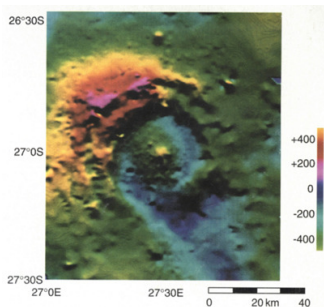
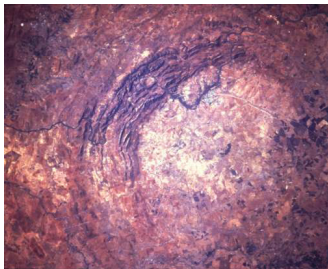
# Meteoriten



## Gravity Gradient

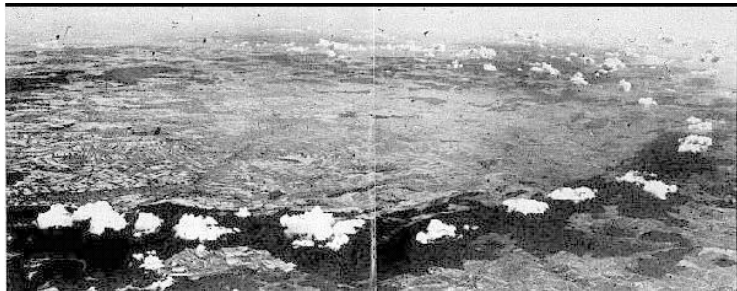
- ▶ Chicxulub (Yucatan, Mexiko)
- ▶ 68Myr, 170km Durchmesser
- ▶ 10–20km Asteroid?

# Meteoriten



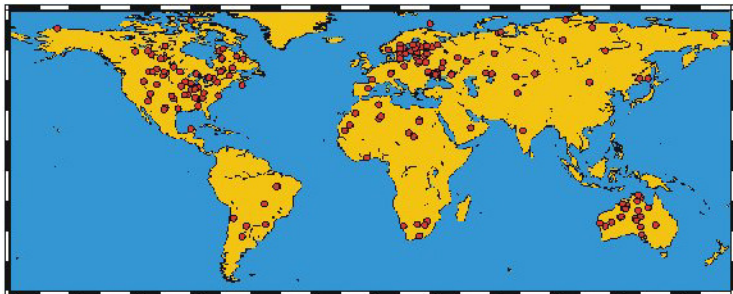
- ▶ Vredefort (RSA)
- ▶ 2Gyr, 300km Durchmesser

# Meteoriten



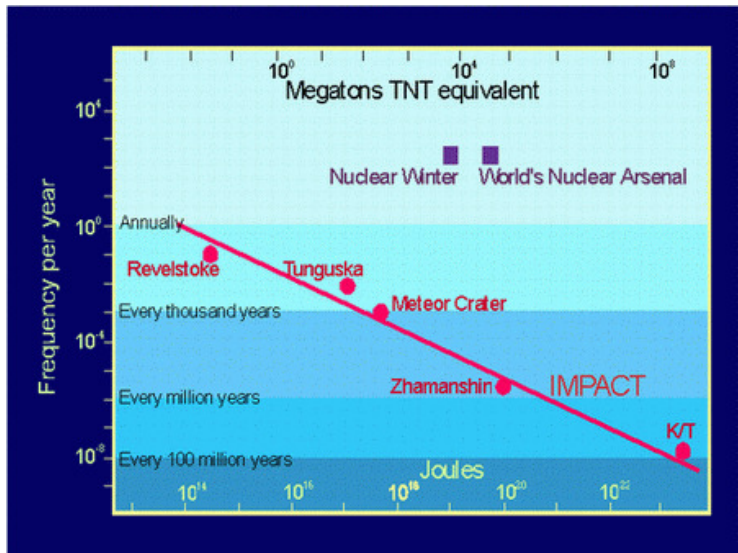
- ▶ Nördlinger Ries (Deutschland)
- ▶ 15Myr, 24km Durchmesser

# Meteoriten

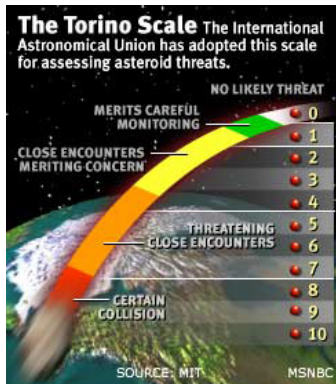


- ▶ Verteilung auf der Erde
- ▶ Ozeane → kein sichtbarer Krater!

# Meteoriten



# Meteoriten



- ▶ Große Impakts selten ...
- ▶ aber nicht unmöglich
- ▶ 10km Objekt Impakt/100Myr?

# Meteoriten

- ▶ Computersimulationen:
  - ▶ 1000 Einschläge pro 100 000 yr
  - ▶ meistens Tunguska Klasse
  - ▶ ein 5km Objekt Einschlag ...
  - ▶ über 10 000 Jahre 13M Tote (bei 5G Menschen)
  - ▶ Ozean Einschlag → Tsunami!

# Meteoriten

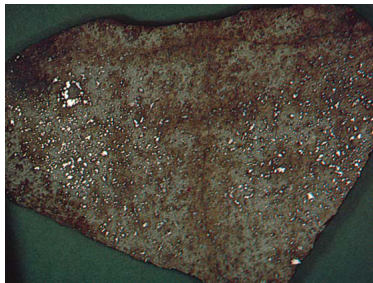
- ▶ Abwehr Strategien:
  - ▶ Blow-it-up →  
unmöglich für Killerasteroiden
  - ▶ Ablenken →  
machbar falls früh erkannt

# Meteoritentypen



- ▶ Steinmeteoriten
- ▶ sehr ähnlich normalem Gestein der Erde
- ▶ Fusion Crust
- ▶ → durch Schmelzen beim Eintritt!

# Meteoritentypen



- ▶ Steinmeteoriten
- ▶ enthalten manchmal Eisen-Einschlüsse
- ▶ 95% aller Meteoriten
- ▶ aber nur selten gefunden!

# Meteoritentypen



- ▶ steiniger Eisenmeteorit
- ▶ Gestein + Eisen gleich häufig
- ▶ ca. 1% aller Meteoriten

# Meteoritentypen



- ▶ Eisenmeteorit
- ▶ 10–20% Nickel
- ▶ ca. 4% aller Meteoriten
- ▶ bevor 2000 BC →
- ▶ einzige Quelle von Eisen!

# Meteoritentypen



- ▶ 75% aller Eisenmeteorite  
→
- ▶ einzigartige  
Kristallstruktur
- ▶ *Widmanstätten Muster*
- ▶ brauchen Myr langsame  
Kühlung!
- ▶ → nur echte Meteoriten
- ▶ Entstehung durch  
Zerschlagung eines  
grossen Asteroiden?

# Meteoritentypen



- ▶ sehr seltene Art:  
Kohlenstoff Chondrite
- ▶  
Kohlenstoff+Verbindungen
- ▶ 20% Wasser, organische Verbindungen!
- ▶ wie im Original-Nebel?
- ▶ Allende Meteor: Isotopen  
→ SN!

# Kometen

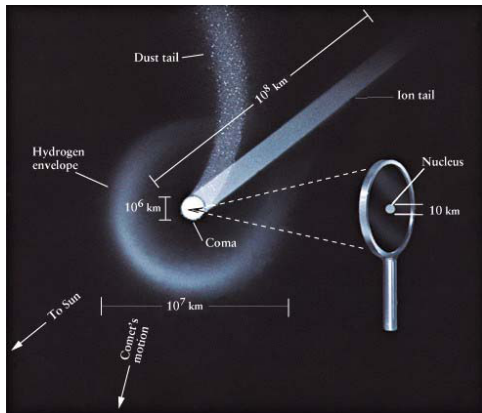


Hyakutake (1996)

- ▶  $P < 200$  yr:  
*kurzperiodische  
Kometen*
- ▶  $P > 200$  yr:  
*langperiodische  
Kometen*

- ▶ ca. 10 neu entdeckte Kometen/yr
- ▶ ca. 1 großer Komet/10yr

# Kometen



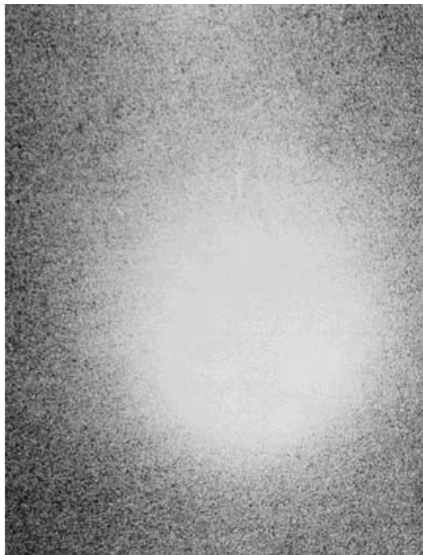
- ▶ Aufbau eines Kometen nahe der Sonne
- ▶ Kern:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_2\text{N}_2$ , Staub

# Kometen

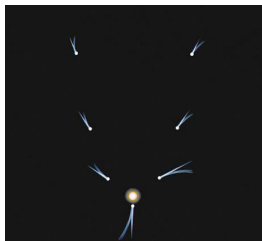


- ▶ Nukleus von Komet Halley
- ▶ aufgenommen von Giotto 1986
- ▶ 15 km  $\times$  8 km

# Komet Kohoutek (1974)

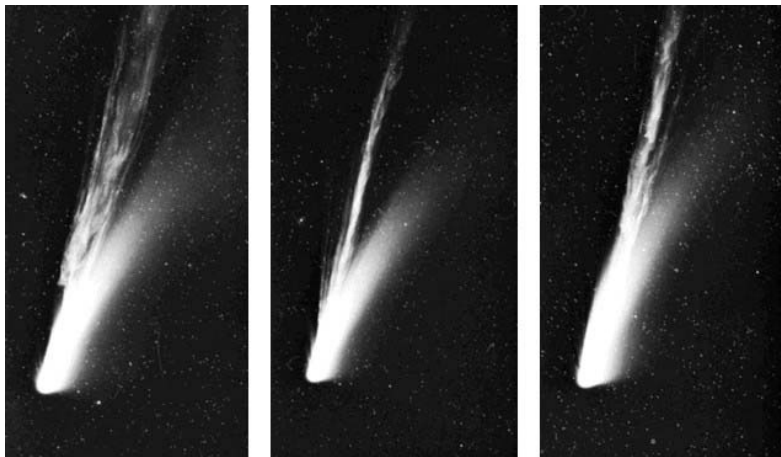


# Kometen



- ▶ Schweif zeigt immer weg von der Sonne
- ▶ nur für  $d < 2 \text{ AU}$
- ▶ besteht aus Ausgasungen des Kerns
- ▶ Strahlungsdruck der Sonne  $\rightarrow$  Schweif
- ▶ sehr unterschiedlich von Komet zu Komet!

# Komet Mrkos (1957)

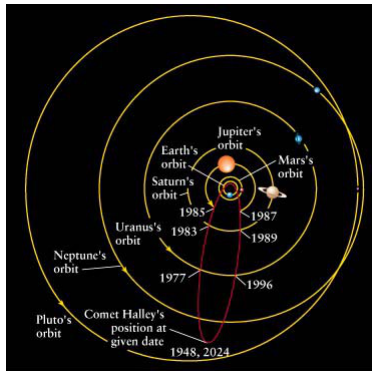


# Komet Arend-Roland (1957)



- ▶ Gegenschweif
- ▶ Ende des Staub-Schweifes
- ▶ → Orientierungseffekt!

# Komet Halley



a

- ▶ erster Entdecker kurzperiodischer Komet
- ▶ 76 yr Periode, seit 88 BC beobachtet
- ▶ sehr exzentrische Bahn

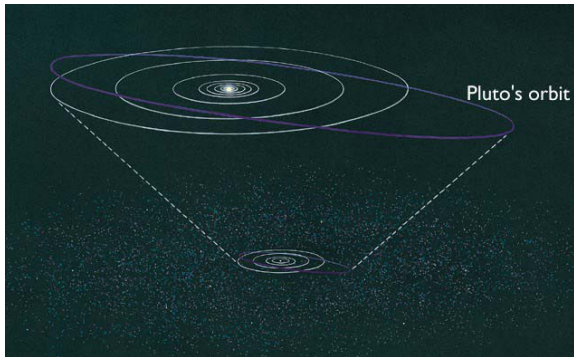
# Komet Halley



b.

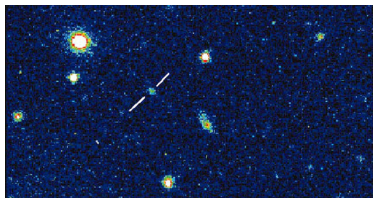
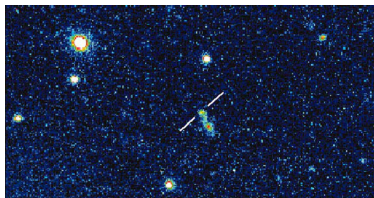
- ▶ sehr gut zu beobachten
- ▶ Überlagerung von 3 Bilder
- ▶ Sterne 'lang' wegen Bewegung des Kometen!

# Kometen

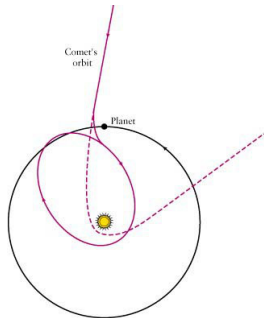


- ▶ stammen meistens aus dem *Kuiper-Gürtel*
- ▶ oder der *Oort-Wolke*

# Kuiper-Gürtel Objekt

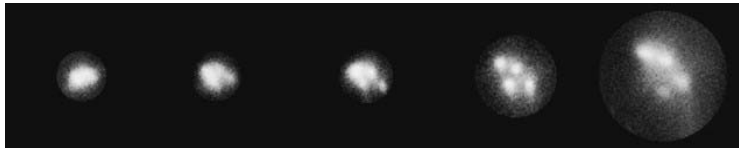


# Kometen



- ▶ Bahnstörung durch Jupiter → kurzperiodischer Komet

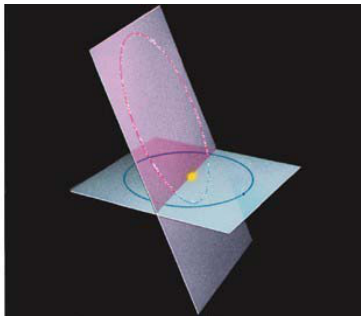
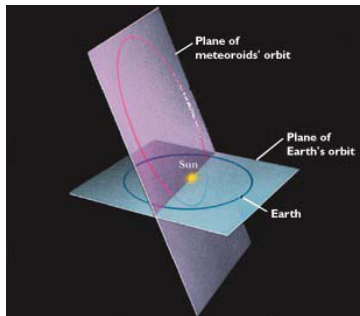
# Kometen



## Komet West 1976

- ▶ endliche Lebensdauer!
- ▶ 0.5 – 1% Verlust pro Orbit
- ▶ → Komet überlebt ca. 100 Orbits

# Kometen



- ▶ Reste bleiben auf Bahn
- ▶ → produziert Meteoritenschwarm

# Kometen



- ▶ Kern eines Kometen kann mit Erde kollidieren!
- ▶ → Tunguska Event (1908)?
- ▶ Explodiert vor Einschlag?