

Häufigkeit der Einschläge von Kometen und Asteroiden: Quantifizierbares Risiko

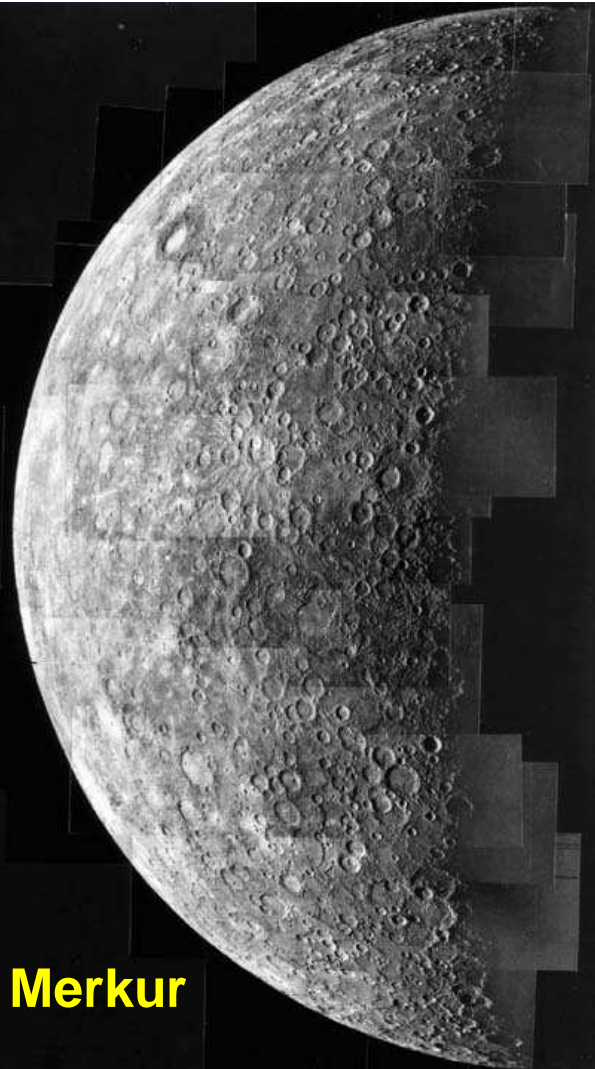
Mario Tieloff, Institut für Geowissenschaften, Universität Heidelberg



Einschläge von Asteroiden und Kometen – Gefahr für die Erde?
Studio der Villa Bosch, Heidelberg, 13. November 2008

Häufigkeit der Einschläge von Kometen und Asteroiden: Quantifizierbares Risiko

- Kosmische Körper und die Erde: Staub, Meteorite, Impaktkrater
- Altersverteilung, Häufigkeit der Einschläge bestimmter Größenklassen (letzte 500 Millionen Jahre)?
- Aktuelle Situation (letzte 2 Millionen Jahre)
- Einordnung des Impaktrisikos
- Investitionsbereitschaft in zukünftige Maßnahmen



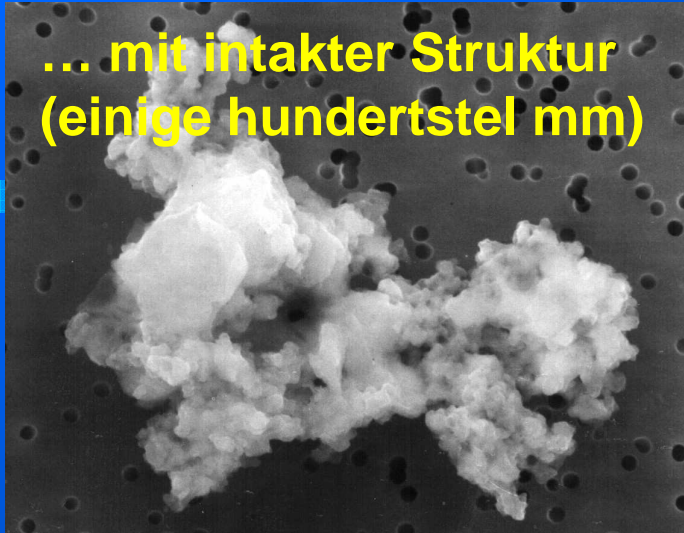
Merkur



Erdmond

Bildung von Impaktkratern: einer der elementarsten geologischen Prozesse im inneren Sonnensystem

... mit intakter Struktur
(einige hundertstel mm)

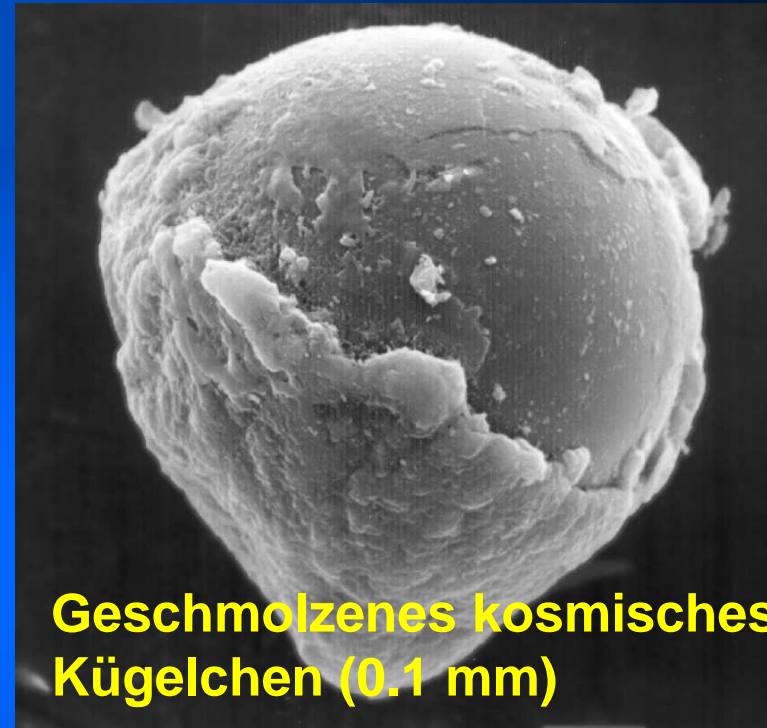


Kosmischer Staub

40 000 Tonnen pro Jahr

- Zahlreiche kleine Partikel
- keine Krater
- keine Schäden
- auffindbar in bis zu 100 Millionen Jahren alten Sedimenten

Geschmolzenes kosmisches
Kügelchen (0.1 mm)



Location:

Pittsburgh, PA

©Tom Reinheimer,

247 Hallock St.,

Pittsburgh, PA

USA

15211

ph: 1-412-381-2285







Expedition 1927



Tunguska Ereignis 1908

60 Mill. Bäume auf 2000 km²

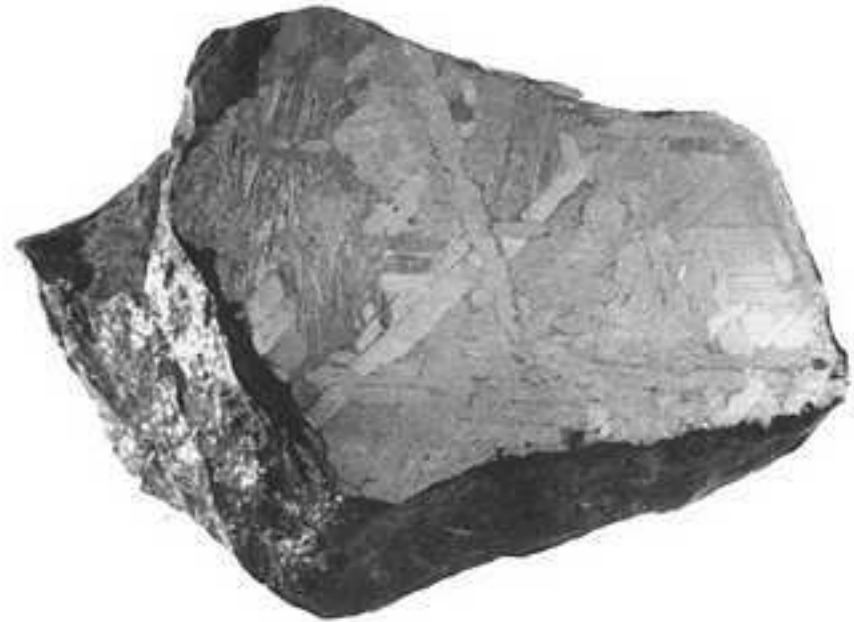
Explosion eines Körpers 30-50 m Ø

Kein Krater, keine
Meteoritenüberreste

Alle 100-1000 Jahre



Expedition 1991



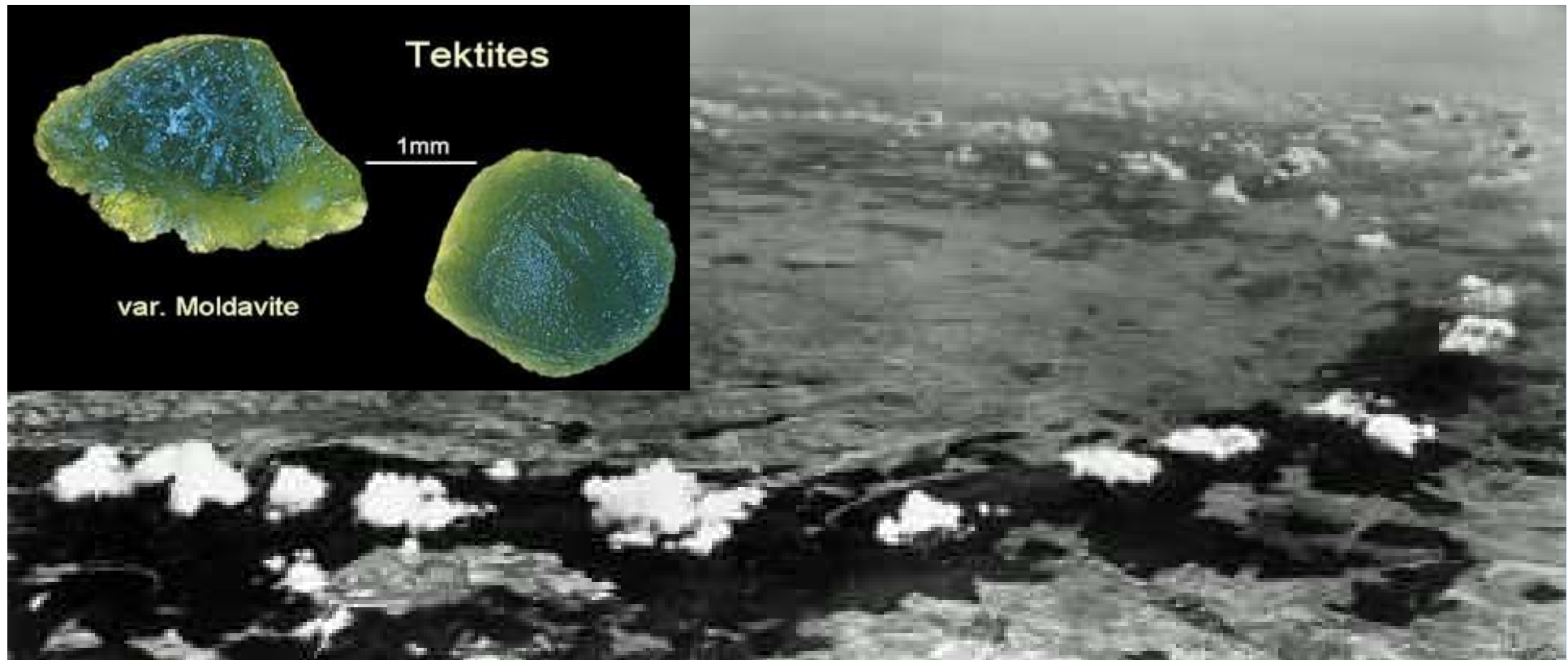
Meteor Crater, Arizona

1,2 km Ø

49 000 Jahre alt

**Einschlag eines Eisenmeteoriten 50 m Ø, wenige Überreste
(Canyon Diablo Meteorit)**

Alle 1000 Jahre



Nördlinger Ries - 24 km Ø

15 Millionen Jahre alt

Einschlag eines Steinmeteoriten 1,2 km Ø, keine Überreste

Auswurfgesteine: Tektite → Moldavite

Alle 1-5 Millionen Jahre



Nördlinger Ries - 24 km Ø

Feuer und Erdbeben hunderte km im Umkreis

Staubauswurf in Stratosphäre bedroht weltweite Agrikultur durch Sommerfrost, mögliche Zerstörung der Ozonschicht (u.a. Sulfate)

Bei Einschlag in Ozean, Überflutung der Küstenlinien einige 10 km weit ins Landesinnere

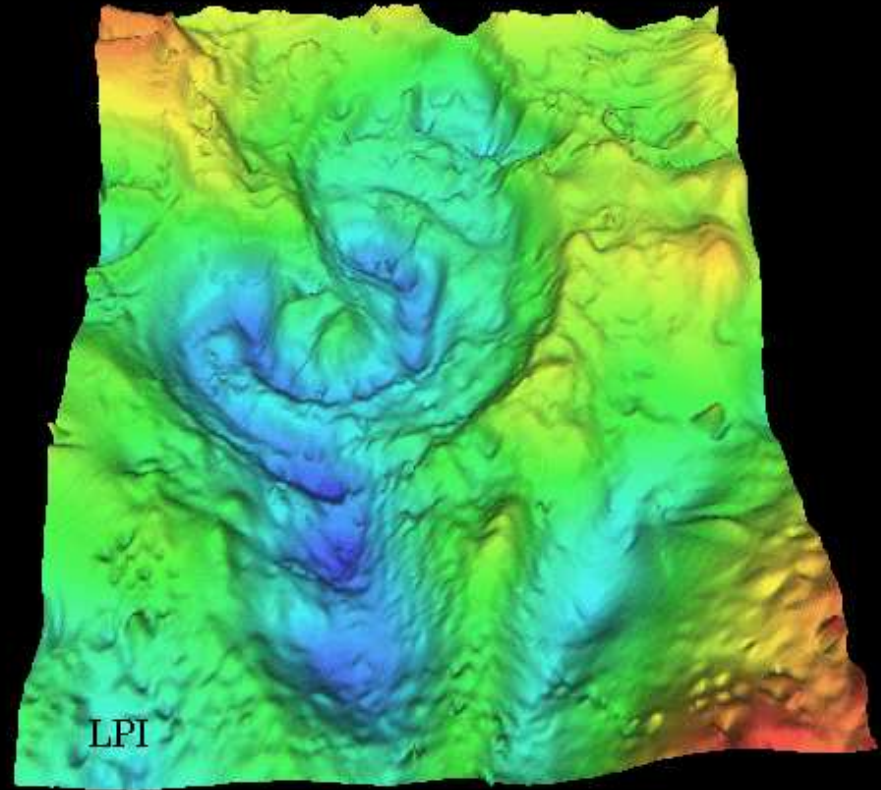


Chicxulub Crater 170 km Ø

65 Millionen Jahre alt

Einschlag eines Meteoriten 10 km Ø

Alle 100 Millionen Jahre



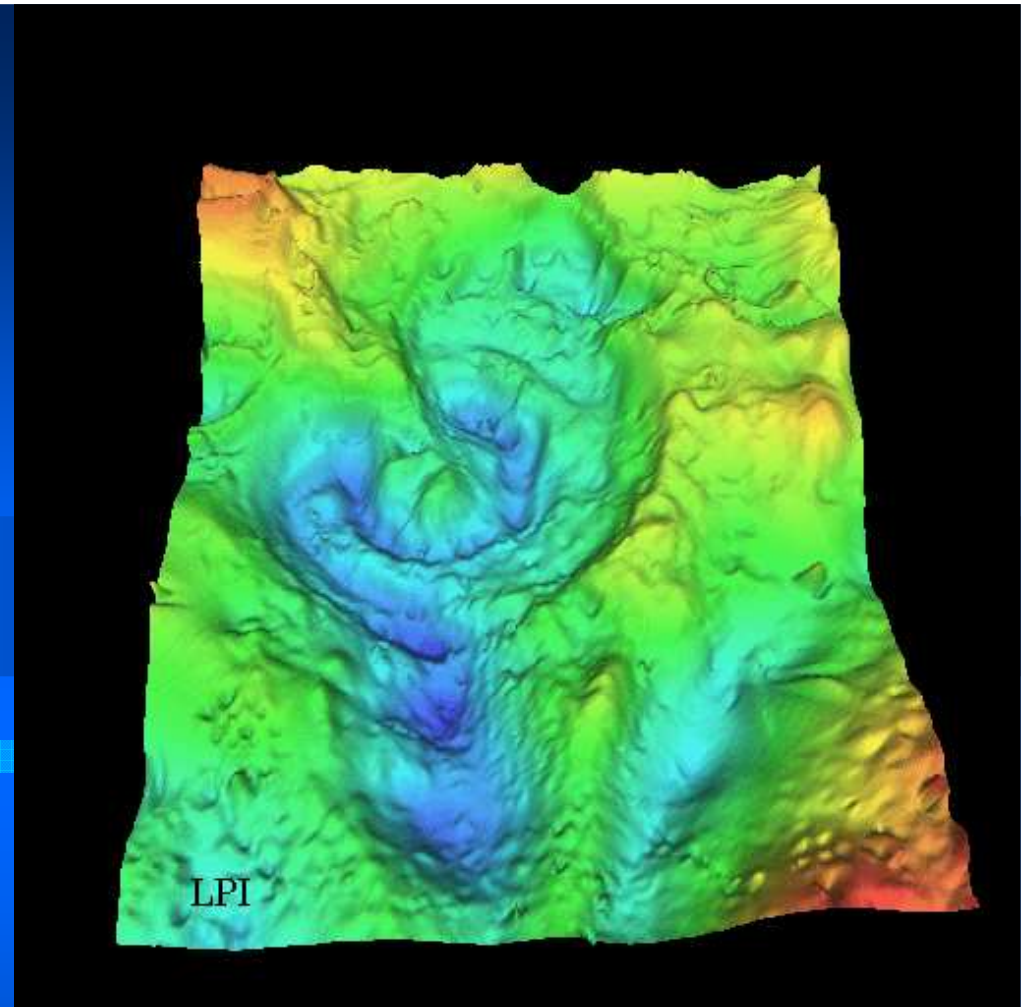


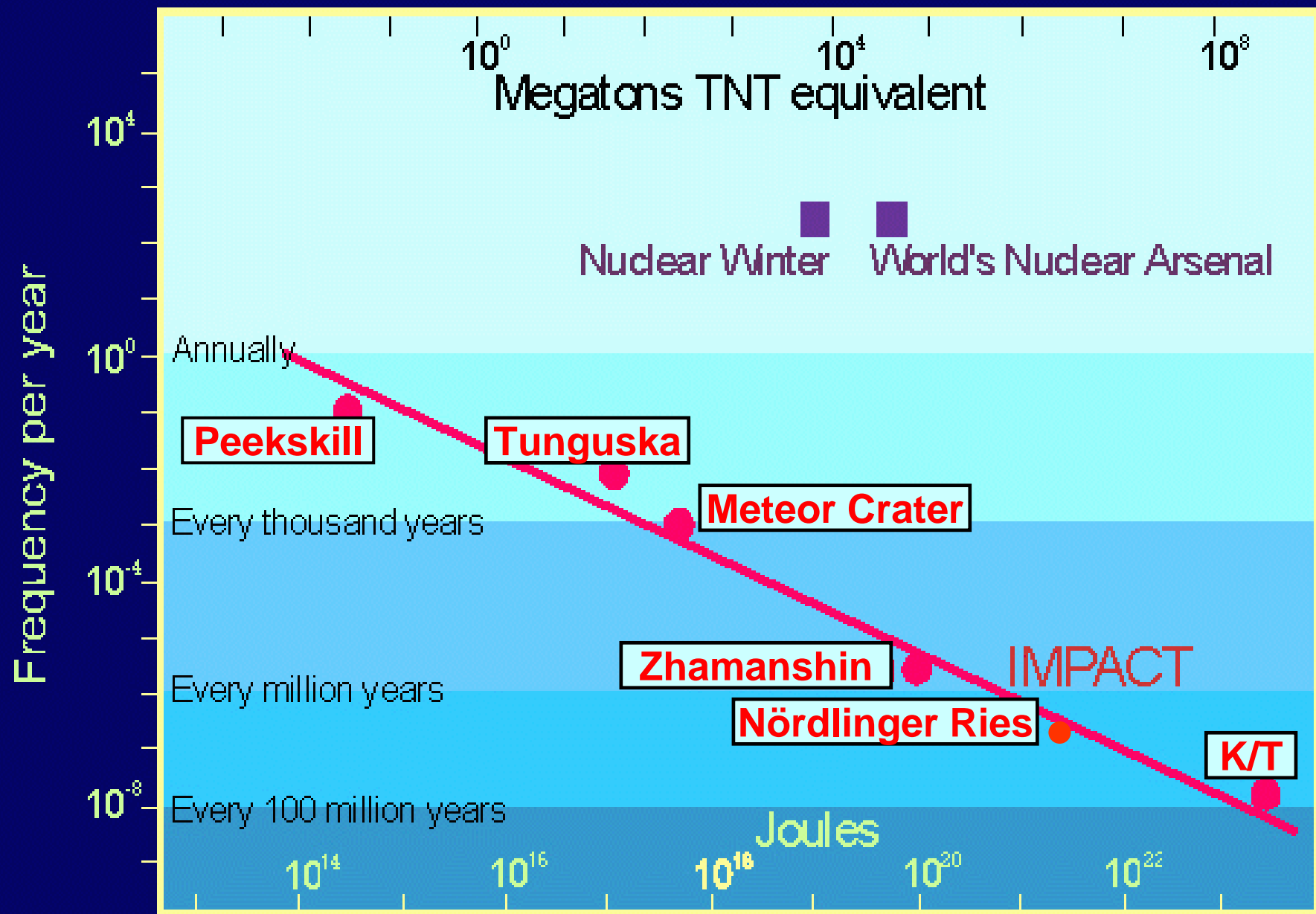
Chicxulub Crater 170 km Ø

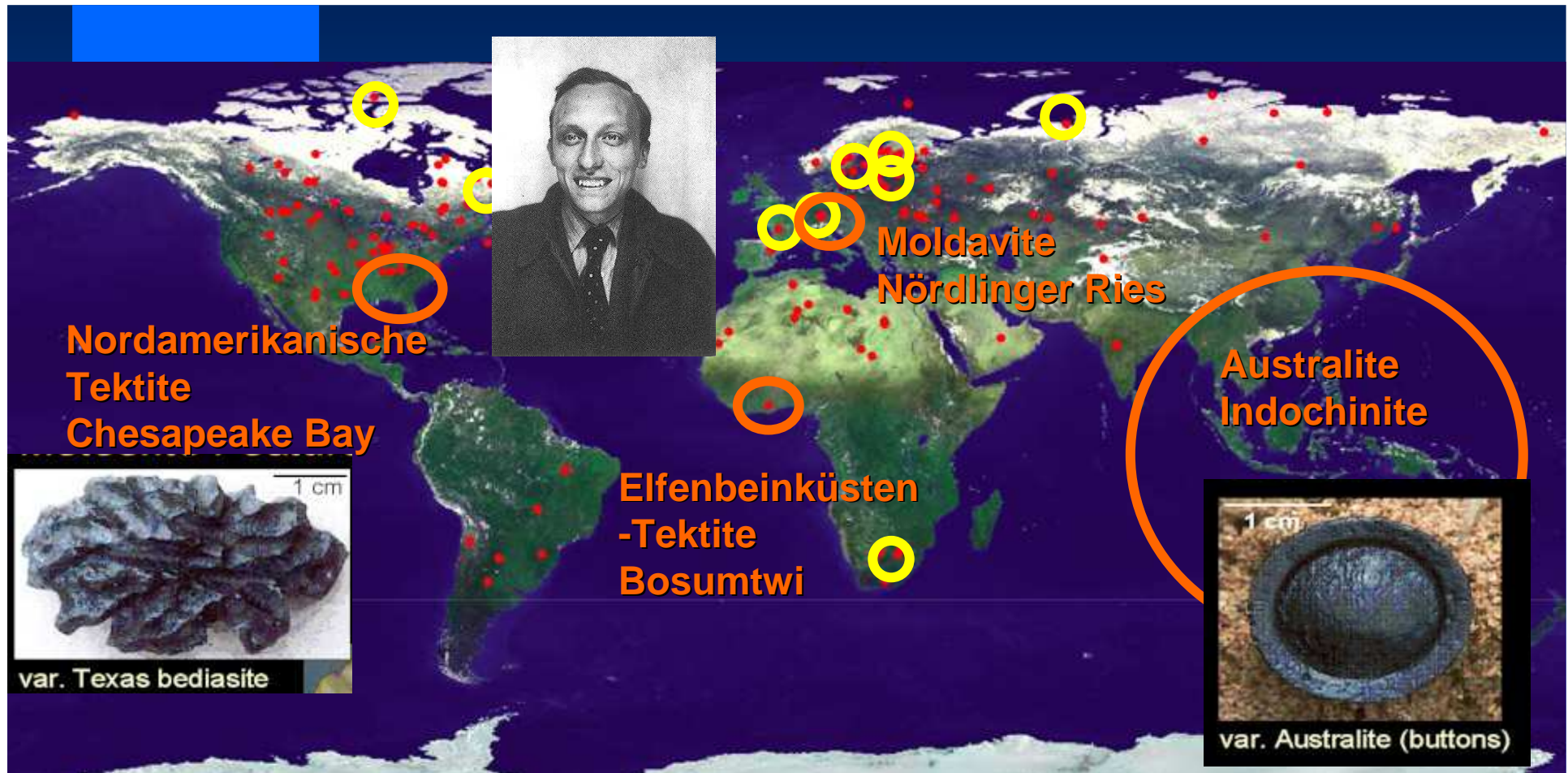
Feuer und Erdbeben global

Staubauswurf in Stratosphäre verursacht globalen Winter,
Übersäuerung der Ozeane

Bei Einschlag in Ozean, Überflutung der Küstenlinien 100 km weit
ins Landesinnere, incl. aller tiefliegenden Landgebiete







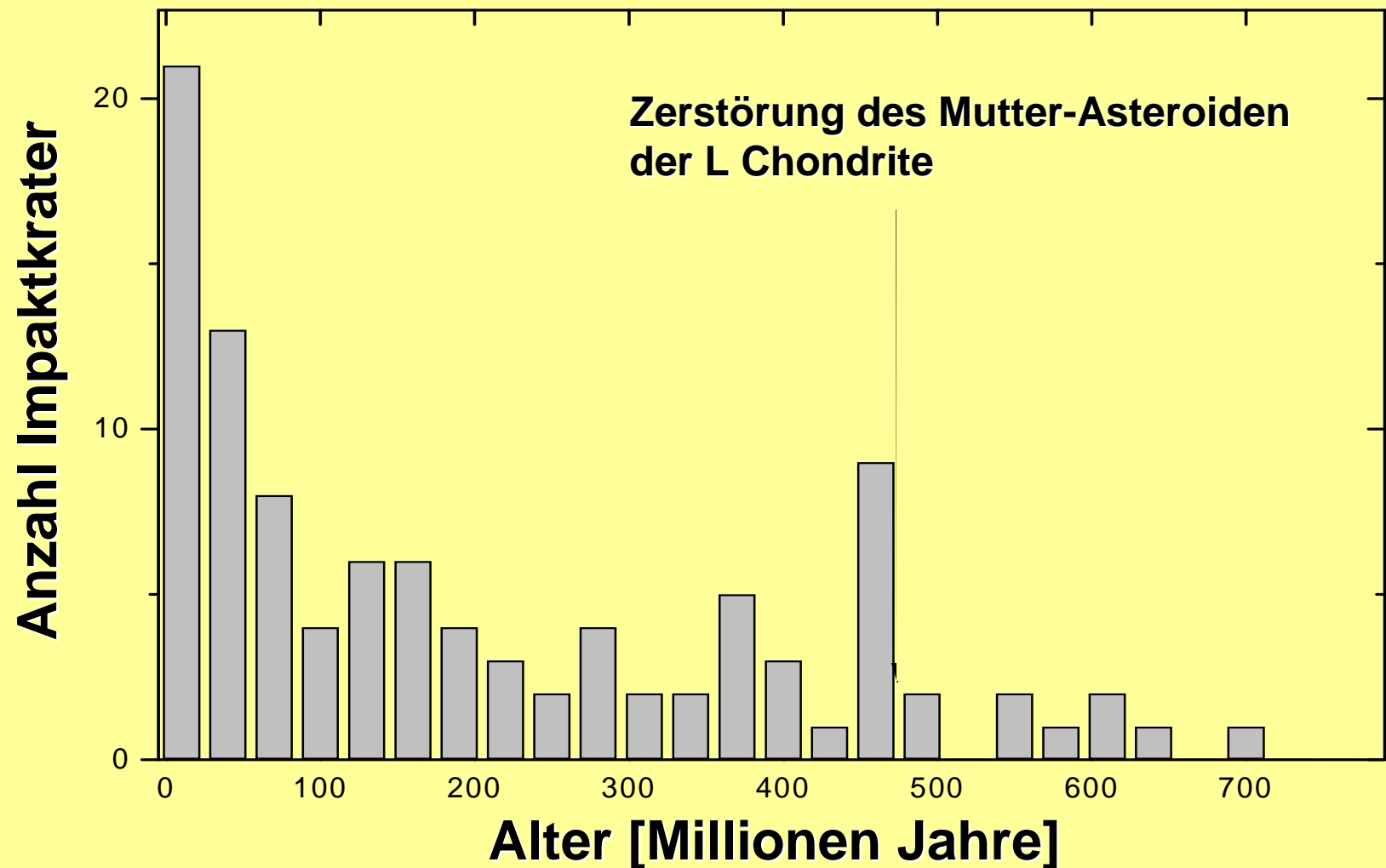
175 bekannte Impaktstrukturen weltweit

Auswirkungen großer Einschläge auf Geo- und Biosphäre

Kraterdatierung → Kraterbildungsrate

→ “Geochronologische” Quantifizierung des Impaktrisikos

**Altersverteilung terrestrischer Einschlagskrater:
Aufgrund von Erosion und Tektonik
bevorzugt junge und kleine Strukturen erhalten
Vergleich mit Erdmond: Einschlagsrate seit 4 Ga etwa konstant**



Asteroidenkollision vor 470 ± 5 Millionen Jahren im Asteroidengürtel
(Trieloff et al. 2006)

L Chondrit Asteroid: 200 km Durchmesser
Projektil: 5 km Durchmesser

Schneller Transfer von mm-m großen Fragmenten zur Erde (< wenige Millionen Jahre)

Eintrag erhöht um Faktor ~ 100 x



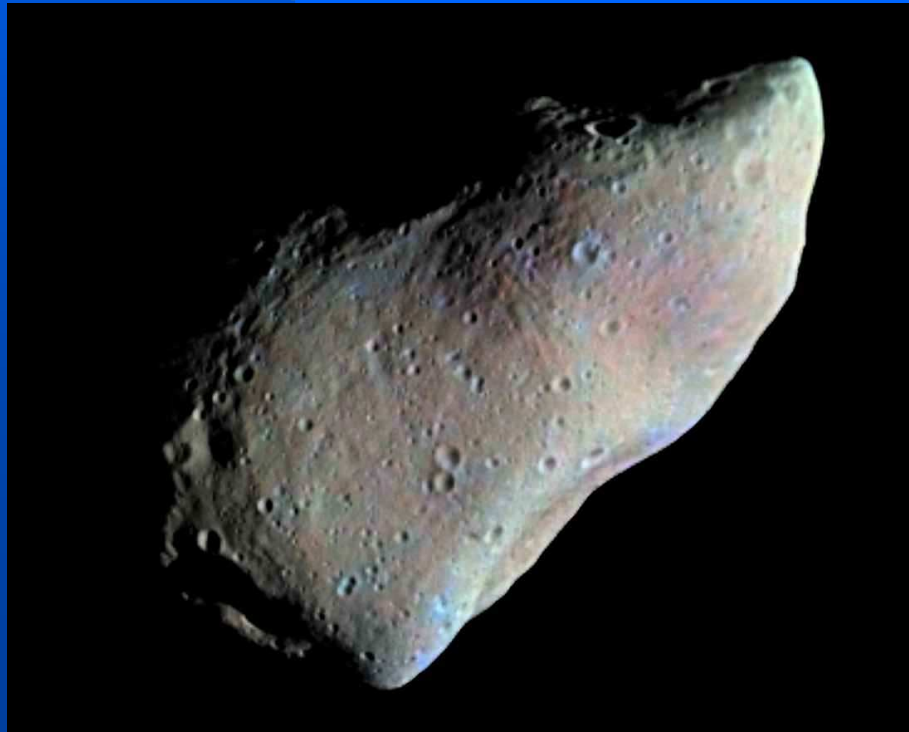
Asteroidenkollision vor 470 ± 5 Millionen Jahren im Asteroidengürtel
(Triebl et al. 2006)

L Chondrit Asteroid: 200 km Durchmesser
Projektil: 5 km Durchmesser

Schneller Transfer von mm-m großen Fragmenten zur Erde (< wenige Millionen Jahre)

Eintrag erhöht um Faktor ~ 100 x

Große Asteroidenbruchstücke immer noch präsent im Asteroidengürtel: Flora Familie (z.B. Gaspra 12 km \varnothing)



Asteroidenkollision vor 470 ± 5 Millionen Jahren im Asteroidengürtel
(Triebl et al. 2006)

L Chondrit Asteroid: 200 km Durchmesser
Projektil: 5 km Durchmesser

Schneller Transfer von mm-m großen Fragmenten zur Erde (< wenige Millionen Jahre)

Eintrag erhöht um Faktor $\sim 100 \times$

Große Asteroidenbruchstücke immer noch präsent im Asteroidengürtel: Flora Familie (z.B. Gaspra 12 km \varnothing)

Erhöhter Fluss von km-großen Fragmenten ~ 20 -30 Millionen Jahre lang (globale Effecte) um Faktor ~ 4 -5 \times

Vor 35 Millionen Jahren: Mehrfach Impakte an der Eozän-Oligozän-Grenze:

Nordamerikanische Tektite – Krater: Chesapeake Bay
100 km \varnothing Popigai Krater \rightarrow L Chondrit Impaktor

Heute: 38% aller Meteorite: L Chondrite



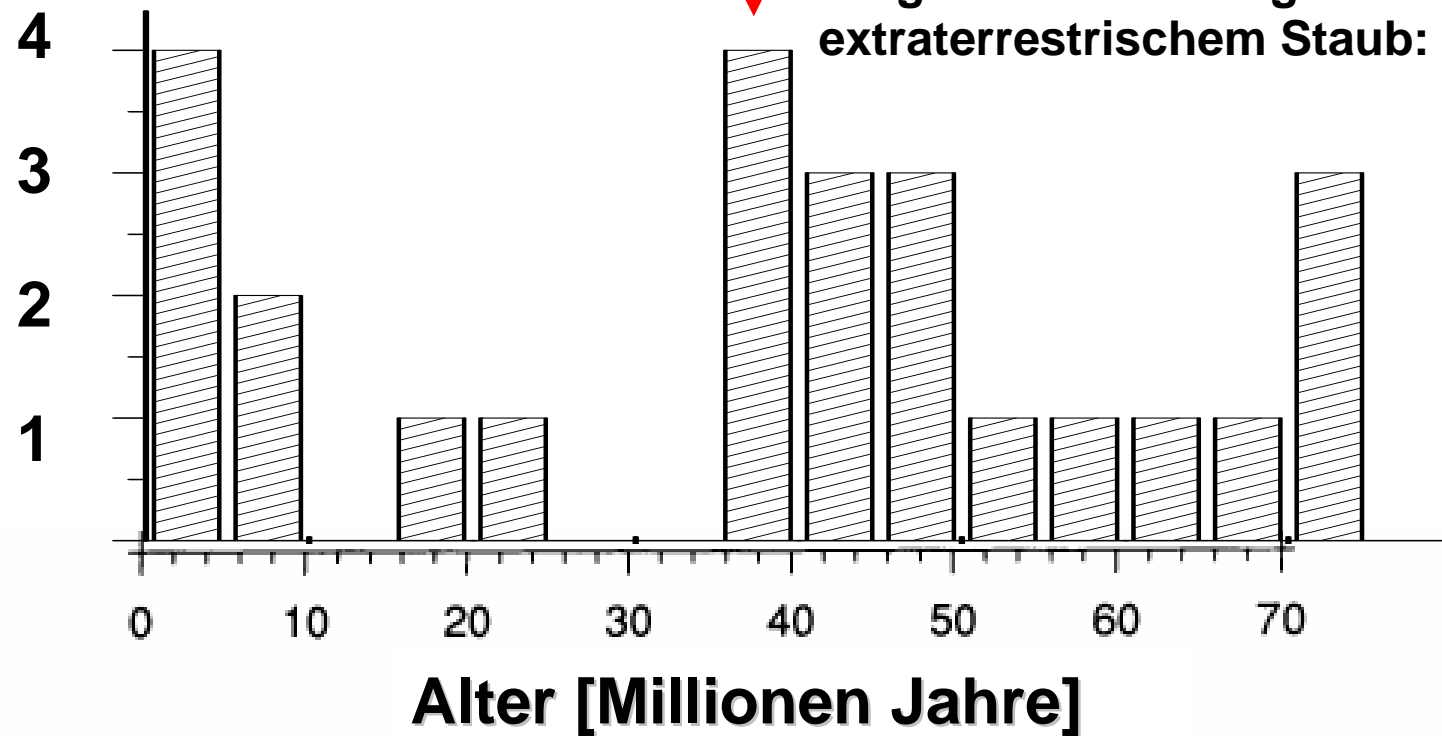
Altersverteilung terrestrischer Einschlagskrater > 5 km Ø :
Fluß großer Objekte >300 m Ø

**Zhamanshin, Bosumtwi,
Australasiatische Tektite**

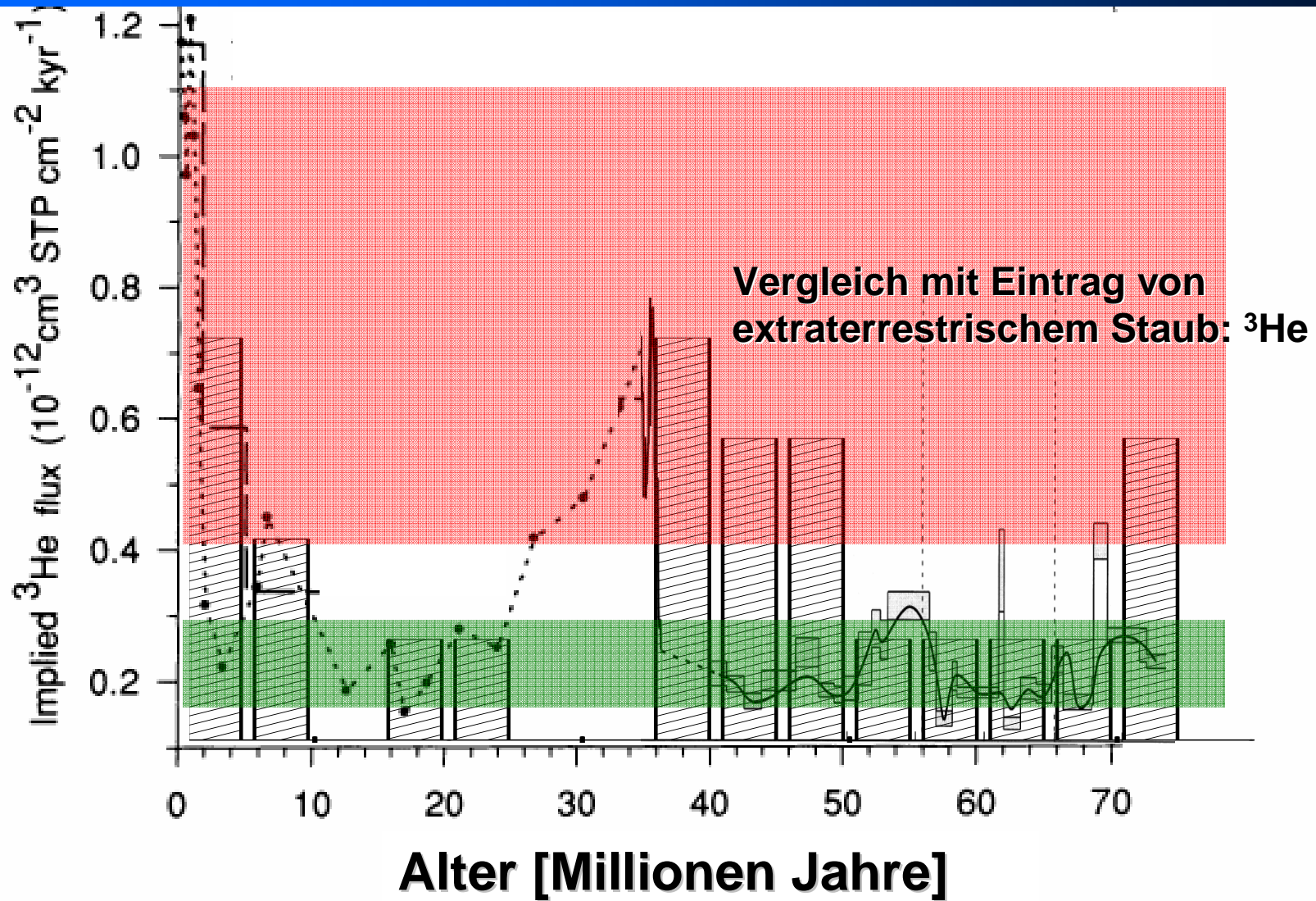
Popigai, Chesapeake Bay

Krater mit Ø > 5 km

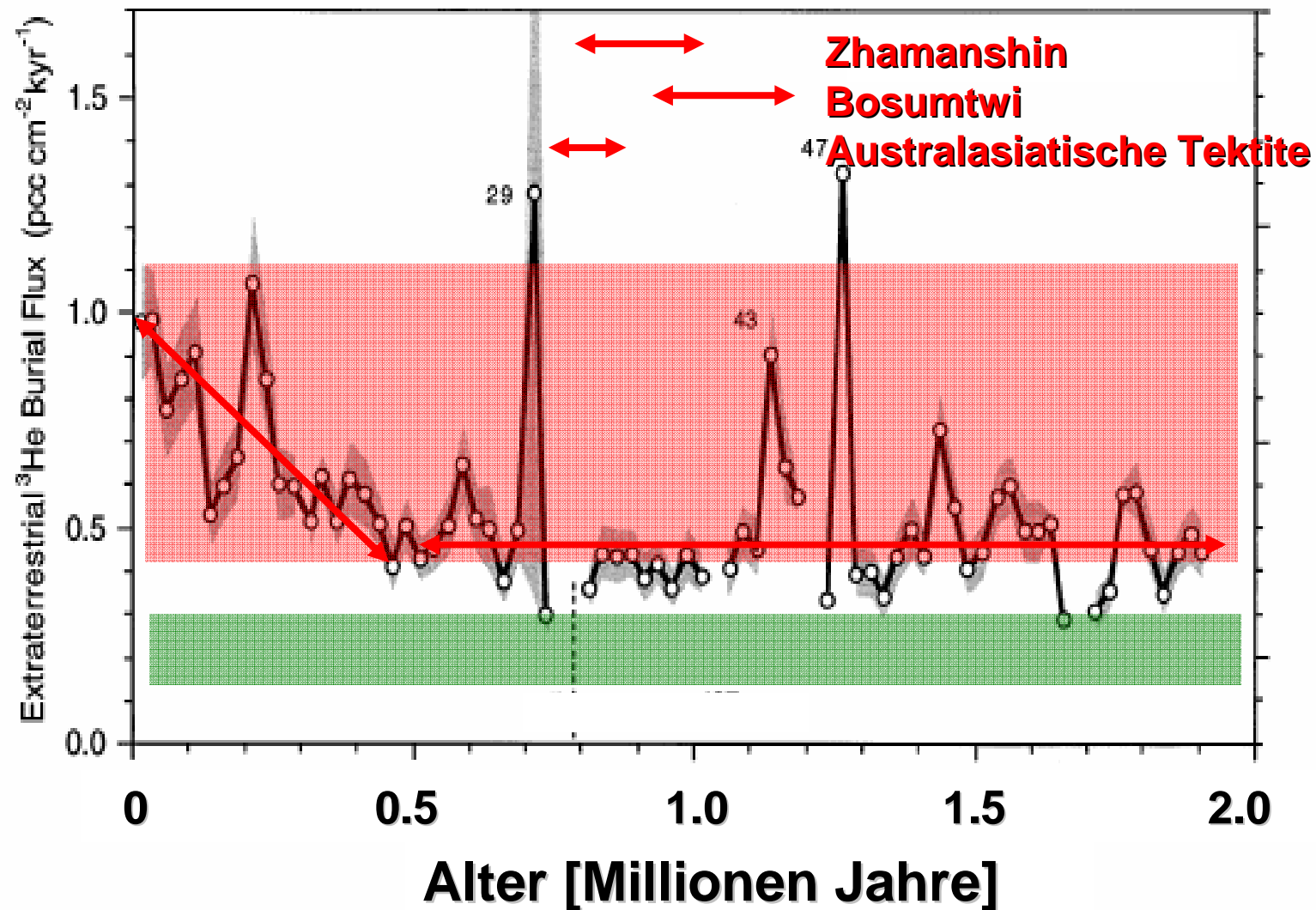
**Vergleich mit Eintrag von
extraterrestrischem Staub: ^3He**



Altersverteilung terrestrischer Einschlagskrater > 5 km Ø :
Fluß großer Objekte >300 m Ø

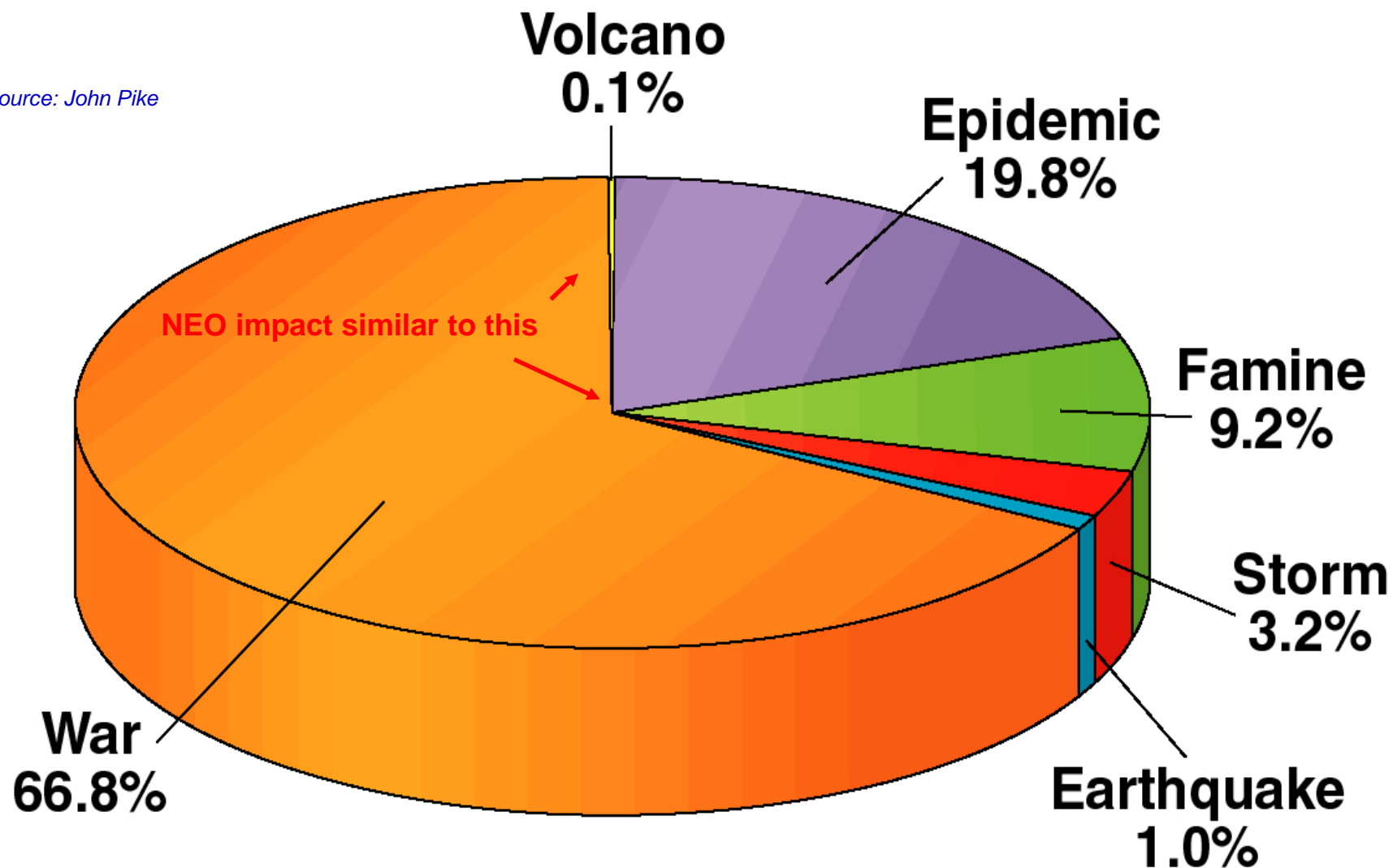


Terrestrische Einschlagskrater und extraterrestrischer Staub der letzten 2 Millionen Jahre



Risikenabschätzung: Wie wird Bedrohung durch Asteroideneinschläge psychologisch wahrgenommen?

Source: John Pike



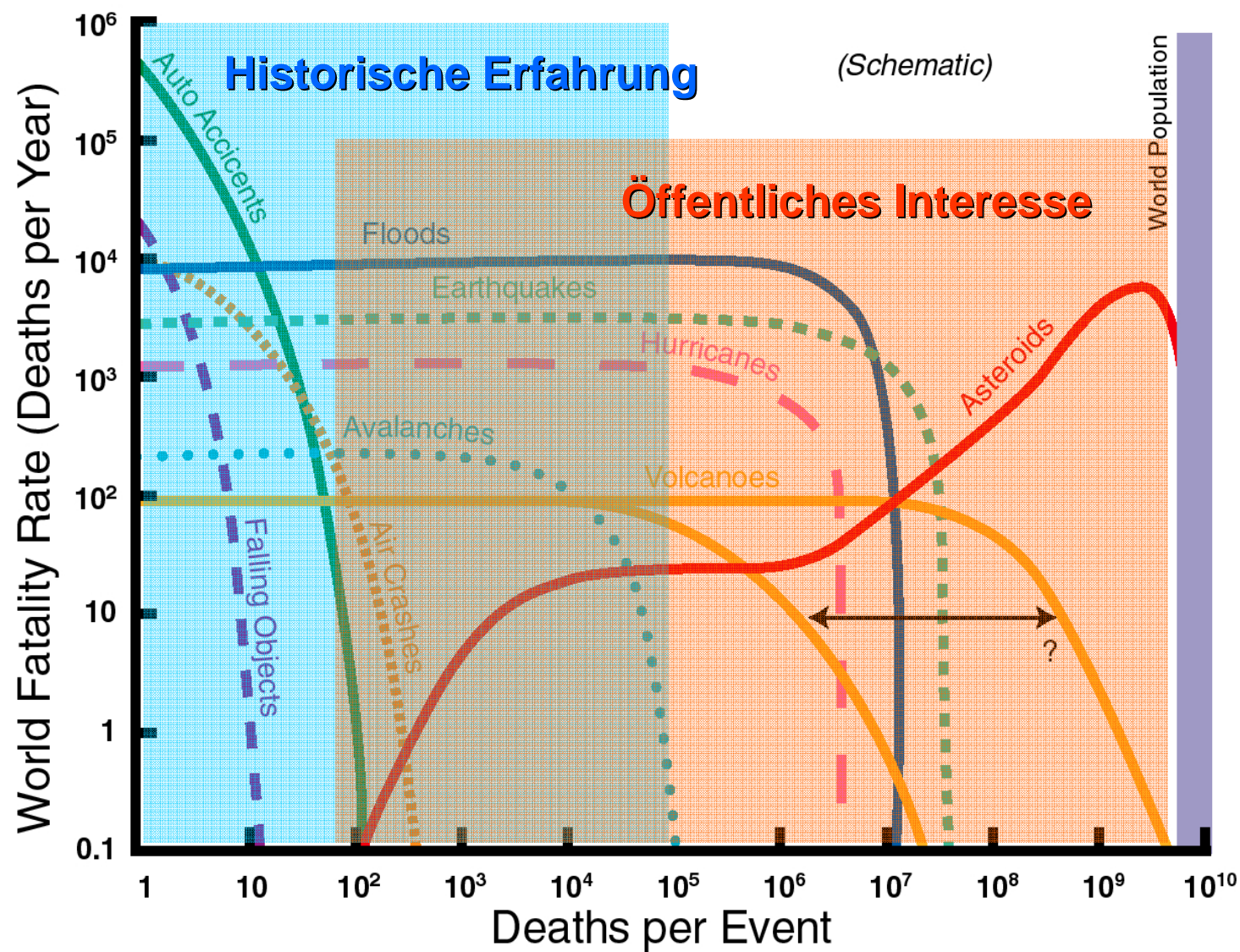
Mortality from Twentieth Century Catastrophes

Risikenabschätzung: Wahrscheinlichkeit ausgewählter Todesursachen (U.S.A., *Chapman/Morrison 1994*)



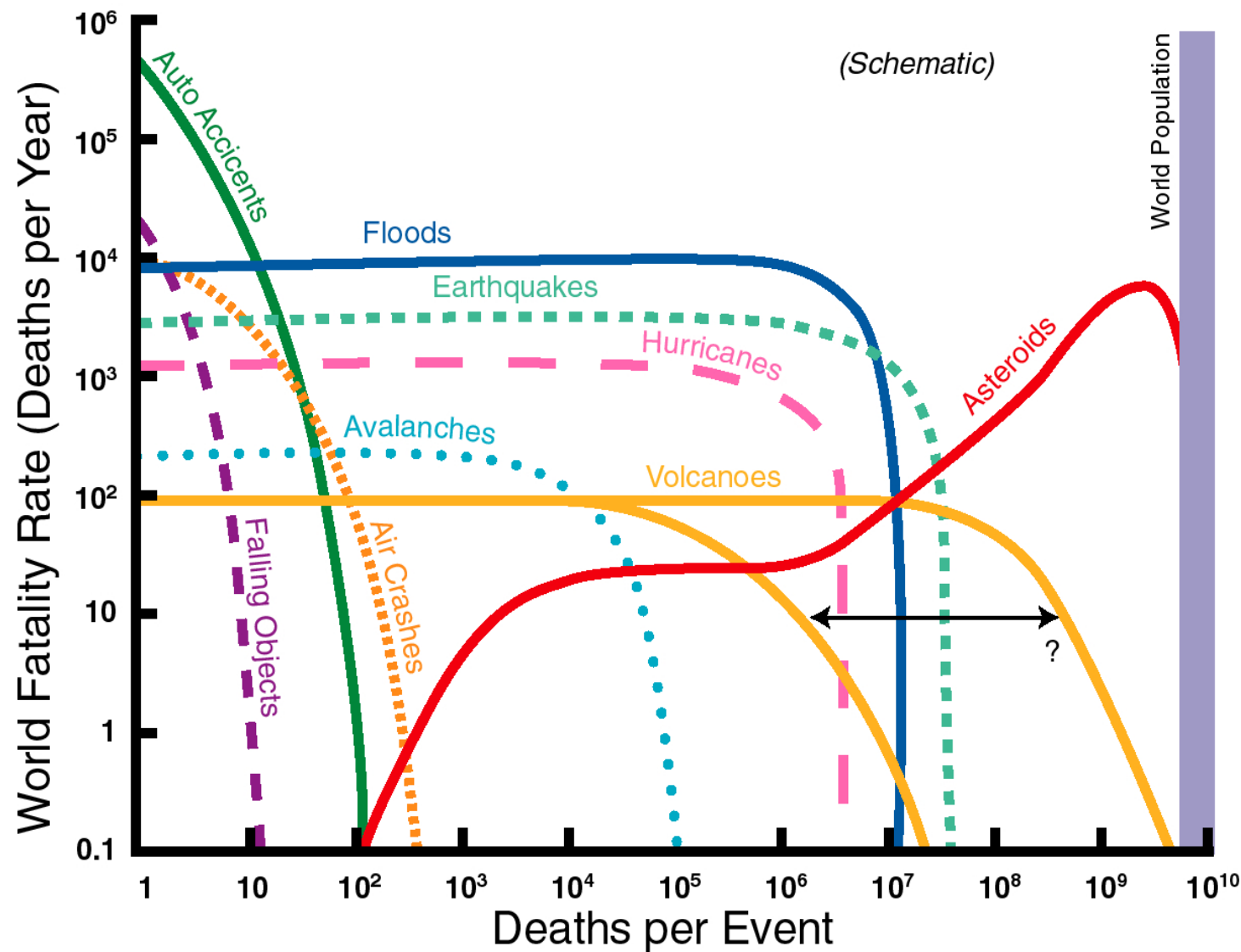
Cause of death	Chances
→ Motor vehicle accident	1 in 100
Murder	1 in 300
Fire	1 in 800
Firearms accident	1 in 2,500
Asteroid/comet impact (lower limit)	1 in 3,000
Electrocution	1 in 5,000
ASTEROID/COMET IMPACT	1 in 20,000
Passenger aircraft crash	1 in 20,000
Flood	1 in 30,000
Tornado	1 in 60,000
Venomous bite or sting	1 in 100,000
Asteroid/comet impact (upper limit)	1 in 250,000
Fireworks accident	1 in 1 million
Food poisoning by botulism	1 in 3 million
Drinking water with EPA limit of TCE*	1 in 10 million

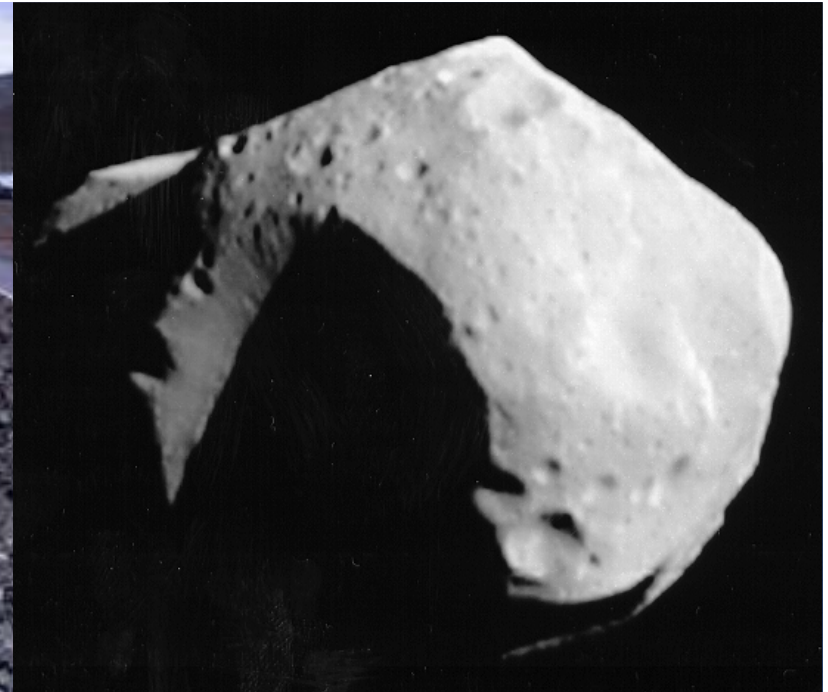
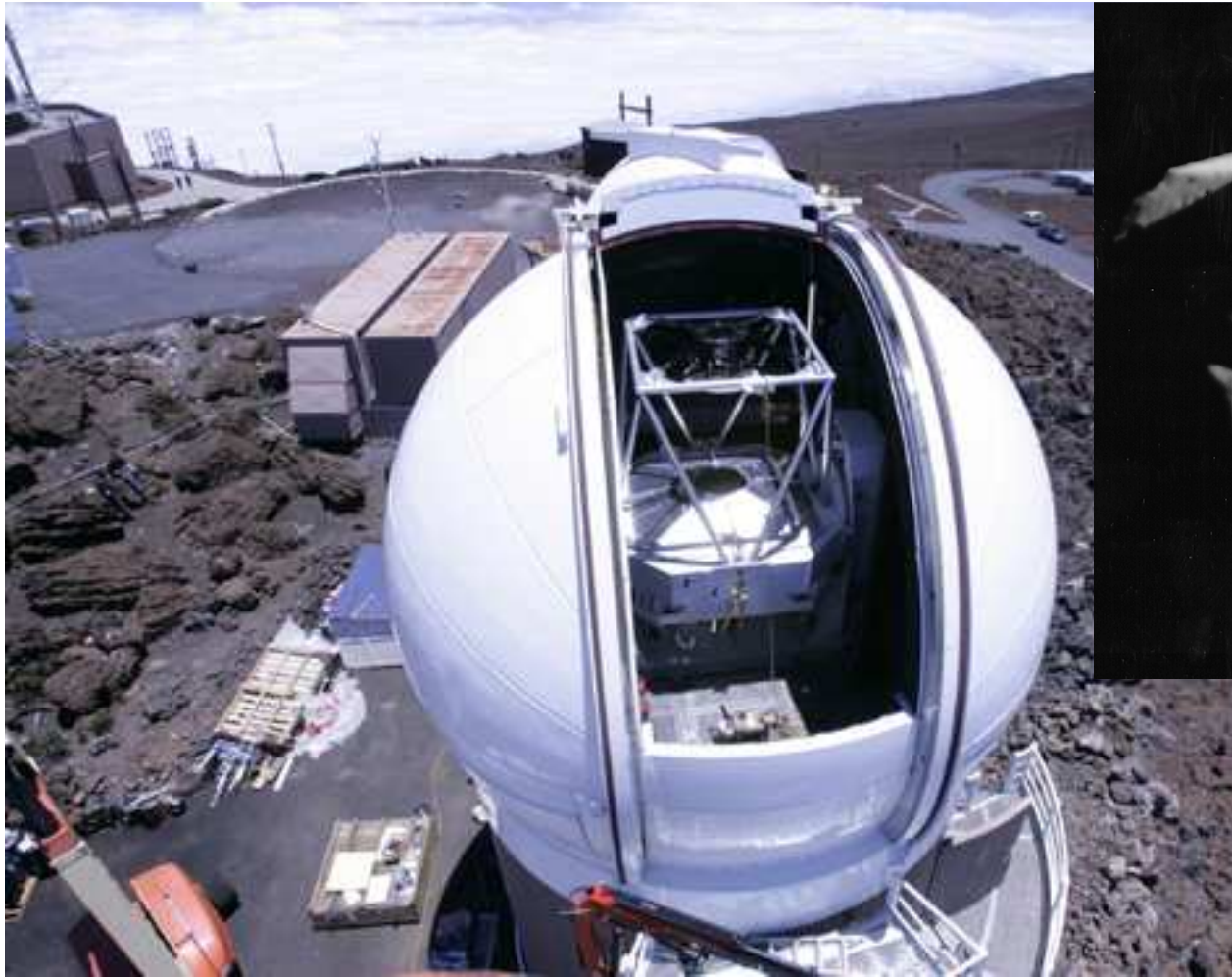
* EPA, Environmental Protection Agency; TCE, trichloroethylene.



Einschlag eines großen Asteroiden

- kann gesamte Weltbevölkerung betreffen
- kann "verhindert" werden



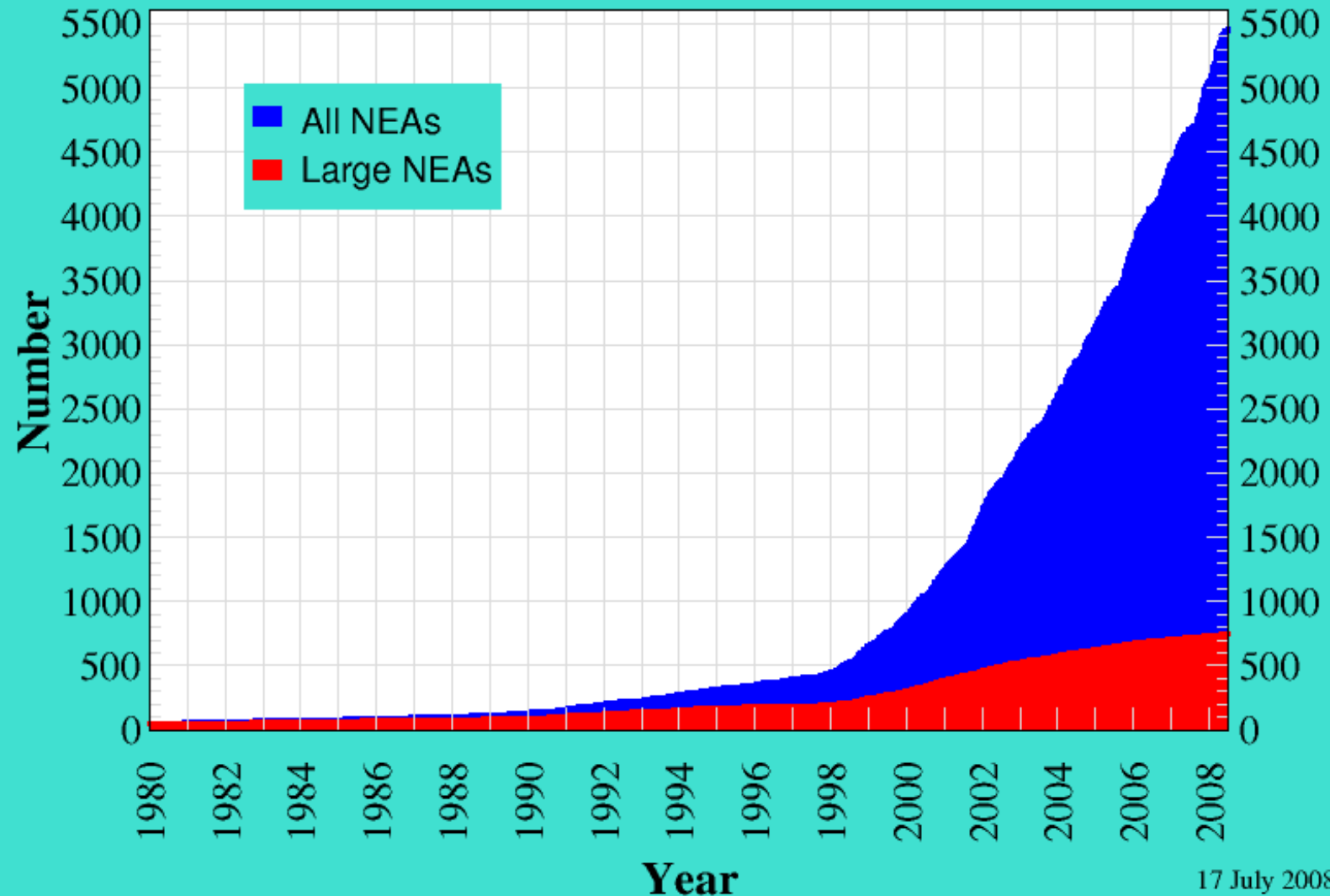


Systematische Suche nach erdbahnkreuzenden Objekten:

Quantifizierung des Impaktrisikos (c. 1000 Objekte > 1km)

Identifizierung potentiell gefährlicher Objekte

Known Near-Earth Asteroids 1980-Jan through 2008-Jun



17 July 2008

Alan B. Chamberlin (JPL)

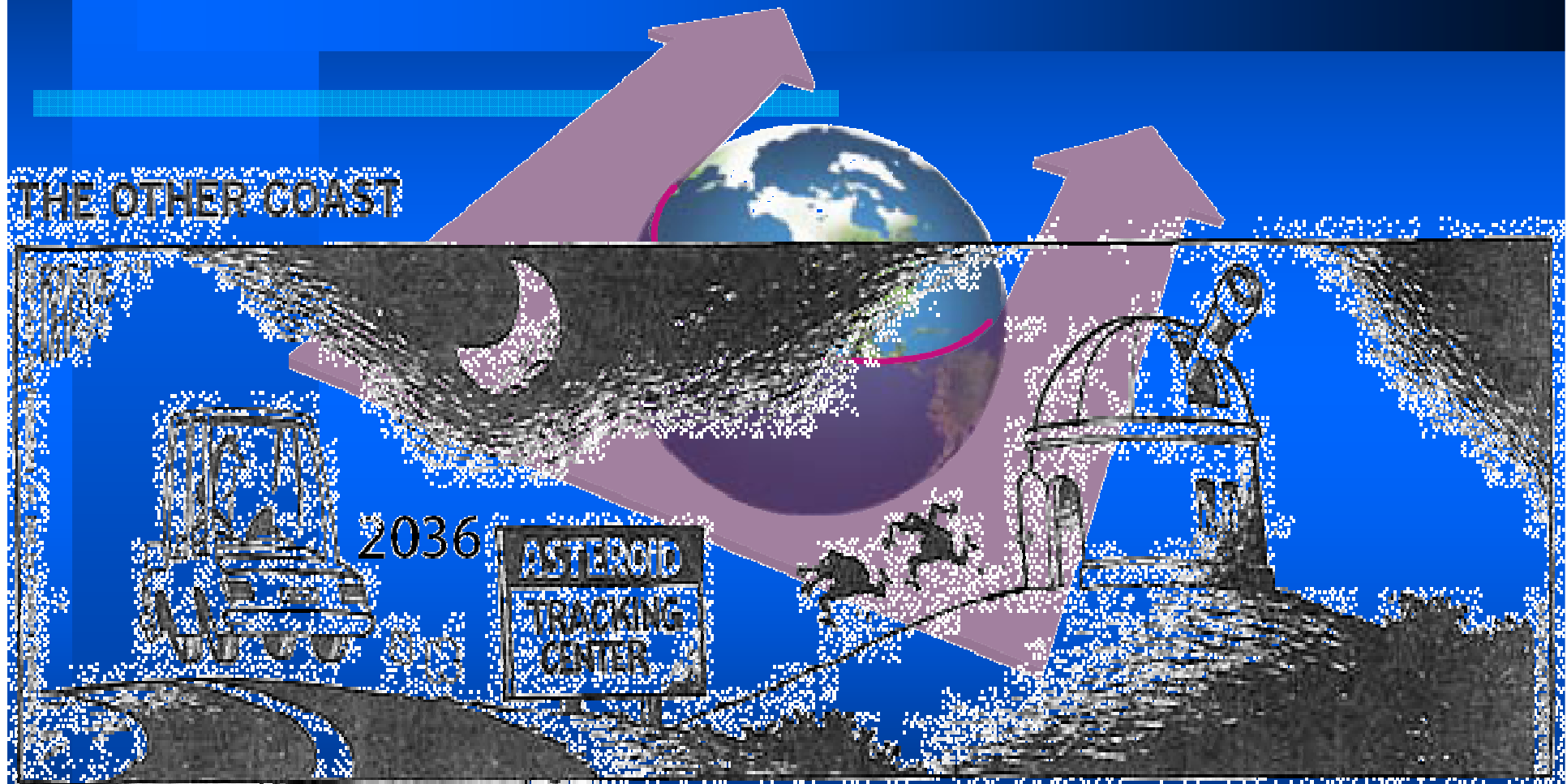
Bekannte erdbahnkreuzende Objekte

NEO Impakt Bedrohung: 99942 Apophis (2004 MN4)



1:8000 Wahrscheinlichkeit dass 320m Asteroid
am 13.4.2036 einschlägt (~ Südasien Tsunami)

NEO Impakt Bedrohung: Konkrete Gegenmaßnahmen?



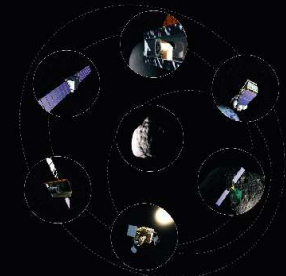
Relevant excerpts from the Report of the 3rd United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space (Declaration of Vienna):

"[...] actions should be taken [...] to improve the international coordination of activities related to near-Earth Objects, harmonizing the worldwide efforts directed at identification, follow-up observations and orbit prediction, while at the same time giving consideration to developing a common strategy that would include future activities related to near-Earth Objects [...]"

Approved by the UN General Assembly, December 1999.



**Space Mission Priorities
for Near-Earth Object
Risk Assessment and Reduction**



**Recommendations to ESA by the
Near-Earth Object Mission Advisory
Panel (NEOMAP)**

July 2004



**Suche und Abwehr von erdbahnkreuzenden Objekten:
Technisch machbar, prinzipiell Notwendigkeit anerkannt, aber:
Kosten und Finanzierung?**

NEO Impakt Bedrohung: Kosten von Gegenmaßnahmen

- Suche nach erdbahnkreuzenden Objekten
- Exploration
- Abwehrstudien
- Abwehrtests
- Abwehrmission
- Wissenschaftliches Risikomanagement
- Wirtschaftswissenschaftliche/Ökonomische Studien
- Psychologie
- Kommunikation Wissenschaft - Politik



