

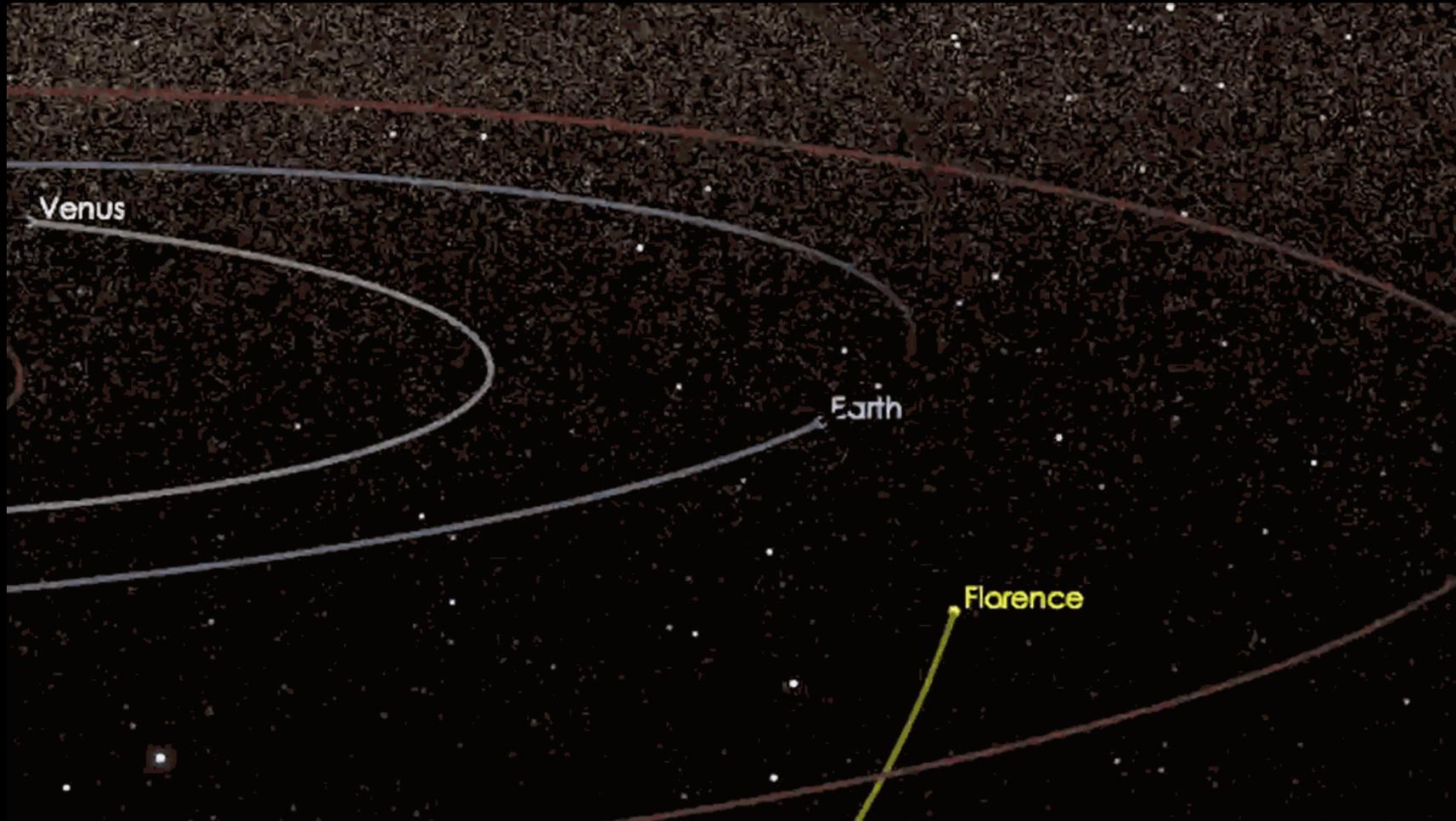
Asteroiden – fällt uns der Himmel auf den Kopf?



Globale kosmische Gefahren

Klasse	Risiko	Vorwarnzeit
Kollision	Asteroid (NEOs) lang-periodischer Komet kurz-periodischer Komet	0 - 100 a 30 d - 2 a 300 d - 10 a
Bahnstörung	Stern Weißer Zwerg Brauner Zwerg Neutronenstern schwarzes Loch	1 000 000 a 100 000 a 10 000 a 1 000 a 10 a
Strahlung	solare Flares nahe Supernova-Explosion nahe GRB	0 - 3 d 0 - 100 000 a 0

2017 begegnet uns die Nr. 4 unter den NEOs mit 4,5 km Durchmesser, sie ist 18mal soweit weg wie der Mond, benannt nach Florence Nightingale !!

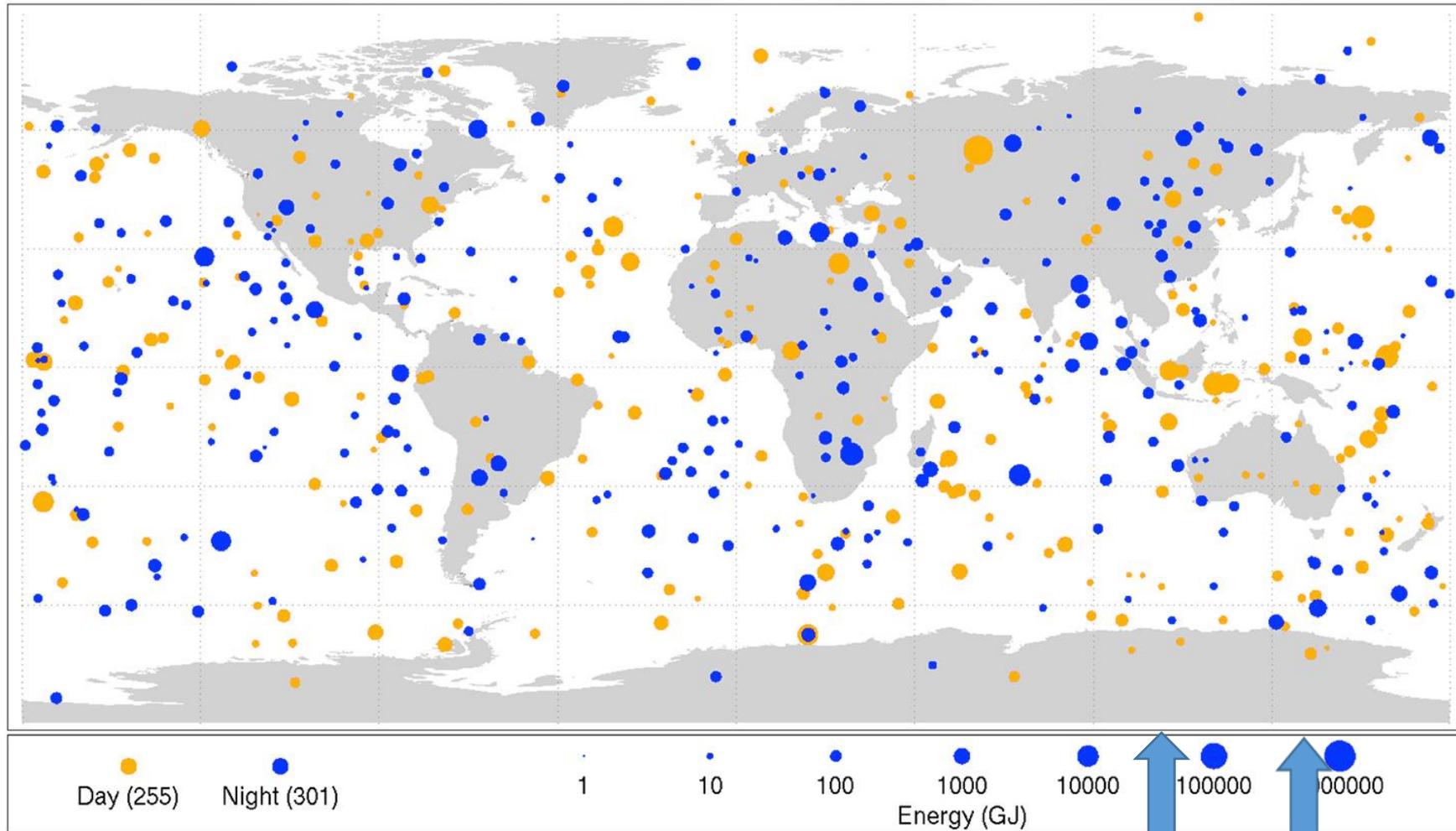


Am 30. Juni feiern wir den möglichen Weltuntergang

- **Welt-Asteroiden-Tag am 30. Juni**
- Schwere Asteroideneinschläge sind selten, aber wenn sie stattfinden, können sie äußerst gefährlich sein und ganze Spezies wie die Dinosaurier ausrotten.
- Darum haben die Vereinten Nationen den 30. Juni zum "Welt-Asteroiden-Tag" ausgerufen. Das Datum markiert den Jahrestag des größten Asteroideneinschlags der jüngeren Geschichte: Am 30. Juni 1908 wurde Sibirien in der Tunguska-Region getroffen,
- Ein rund 2000 Quadratkilometer unbewohntes Gebiet wurde verwüstet.
- Der Asteroid hatte einen Durchmesser von 30 bis 40 Metern.

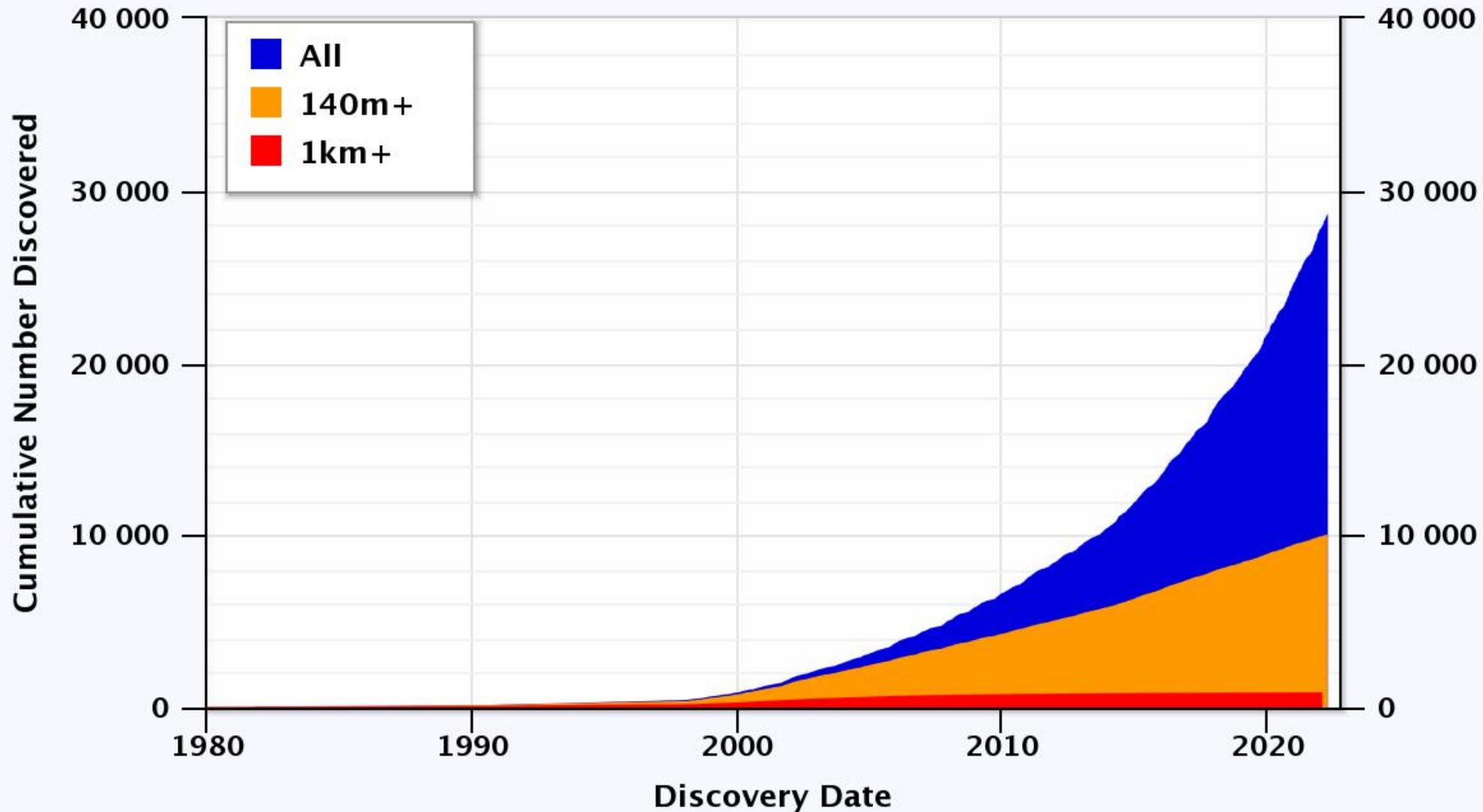
Bolide events 1994-2013

(Small asteroids that disintegrated in the Earth's atmosphere)



Near-Earth Asteroids Discovered

Most recent discovery: *2022-Apr-01*





MakeAGIF.com

Asteroid: ein sternengleicher Himmelsbote

- "Sternengleich" heißt "asteroid" im Griechischen, doch mit Sternen haben Asteroiden eigentlich wenig gemein. Von der staubkorngroßen Sternschnuppe bis zum tonnenschweren Brocken - die Welt der wilden Gesellen.
- Asteroiden sind die kleinen Geschwister unserer Planeten. Sie sind nur zu klein und viel zu zahlreich, um sie zu den Planeten zu rechnen. Asteroiden sind oft Bruchstücke von Zusammenstößen größerer Körper, manchmal auch der Rest eines ausgebrannten Kometen.



Sie kommen vom Anfang der Welt, vom Rande unseres Sonnensystems: Millionen von Asteroiden und Kometen rasen mit Höchstgeschwindigkeit durchs All. Trudelnd und taumelnd sind sie auf wilden, schwer berechenbaren Bahnen um unsere Sonne unterwegs. Sie stoßen zusammen, explodieren und gelangen gelegentlich auf unsere Erde - als zauberhafte Sternschnuppen oder aber Katastrophen von globalem Ausmaß.

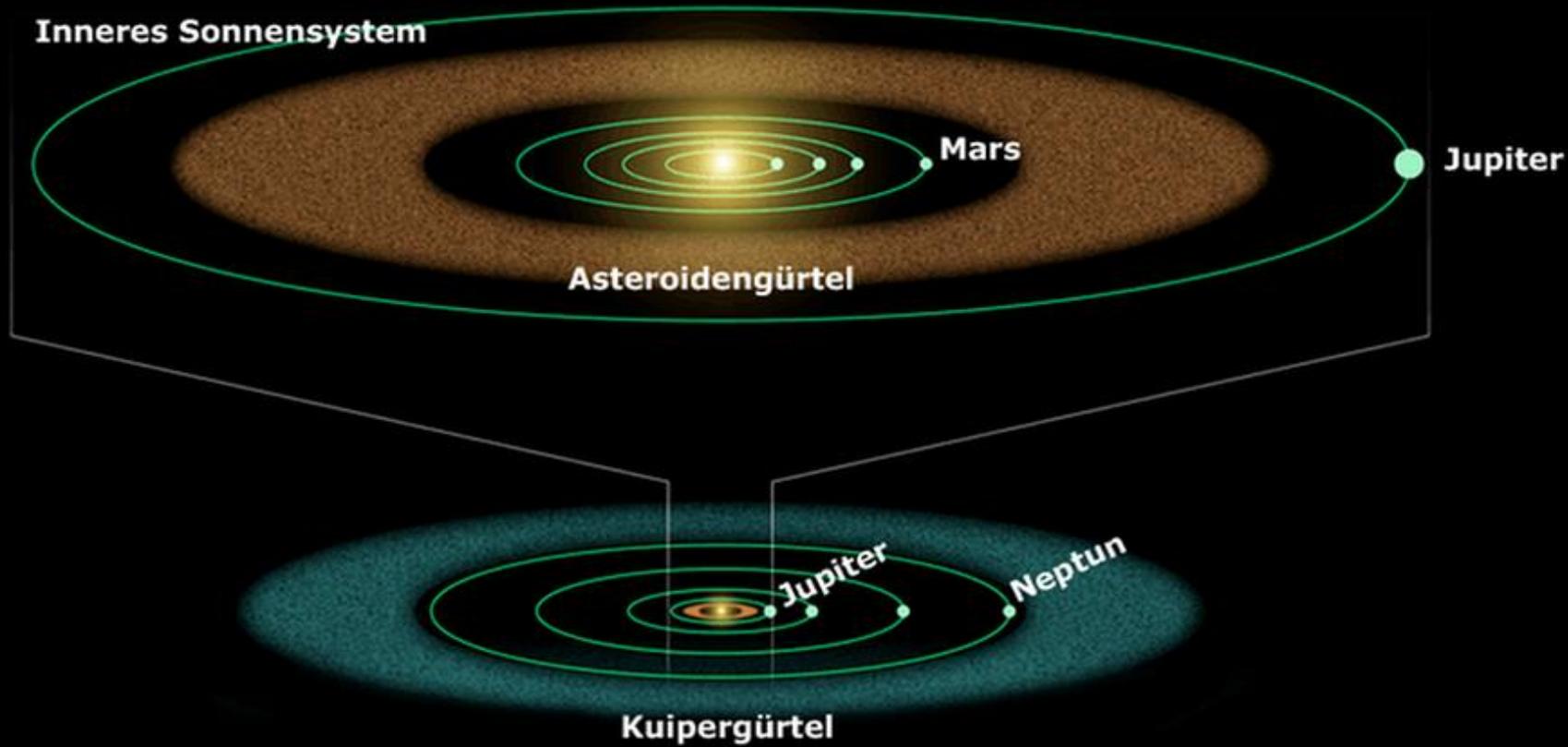
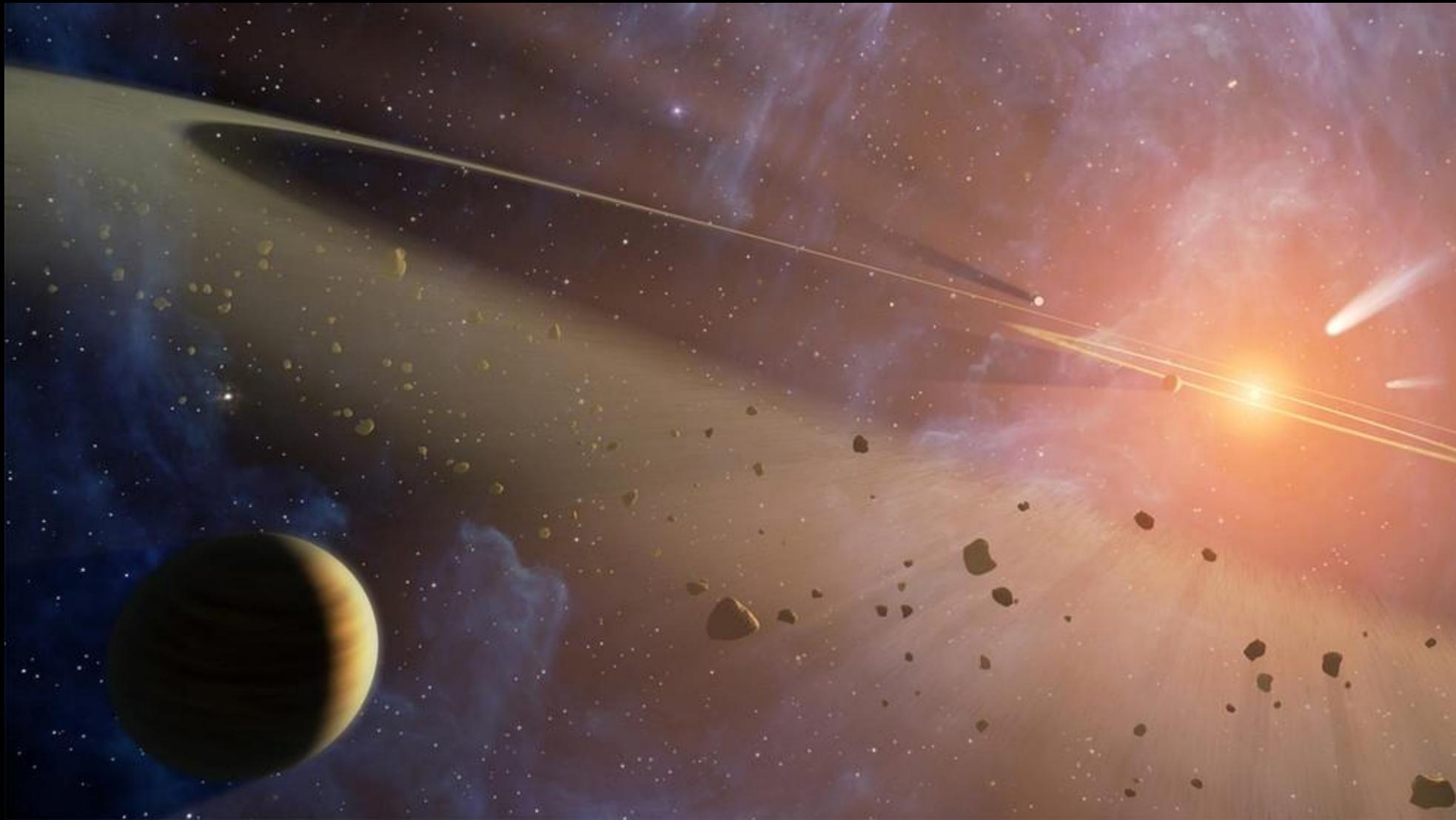


Bild: NASA

Weit außen in unserem Sonnensystem, jenseits von Neptuns Bahn um die Sonne, liegt der Kuipergürtel mit zahllosen Gesteinsbrocken, die bei der Entstehung unseres Sonnensystems "übrig" geblieben sind (unterer Teil der Grafik). Im inneren Sonnensystem (oberer Teil der Grafik) befinden sich die meisten Asteroiden im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter.



Jupiters Gravitationskraft ist so groß, dass er viele Asteroiden aus ihrer normalen Umlaufbahn um die Sonne förmlich herausgerissen hat und sie seither "zwingt", stattdessen ihn zu umkreisen oder aber auf seiner Bahn um die Sonne zu wandern.

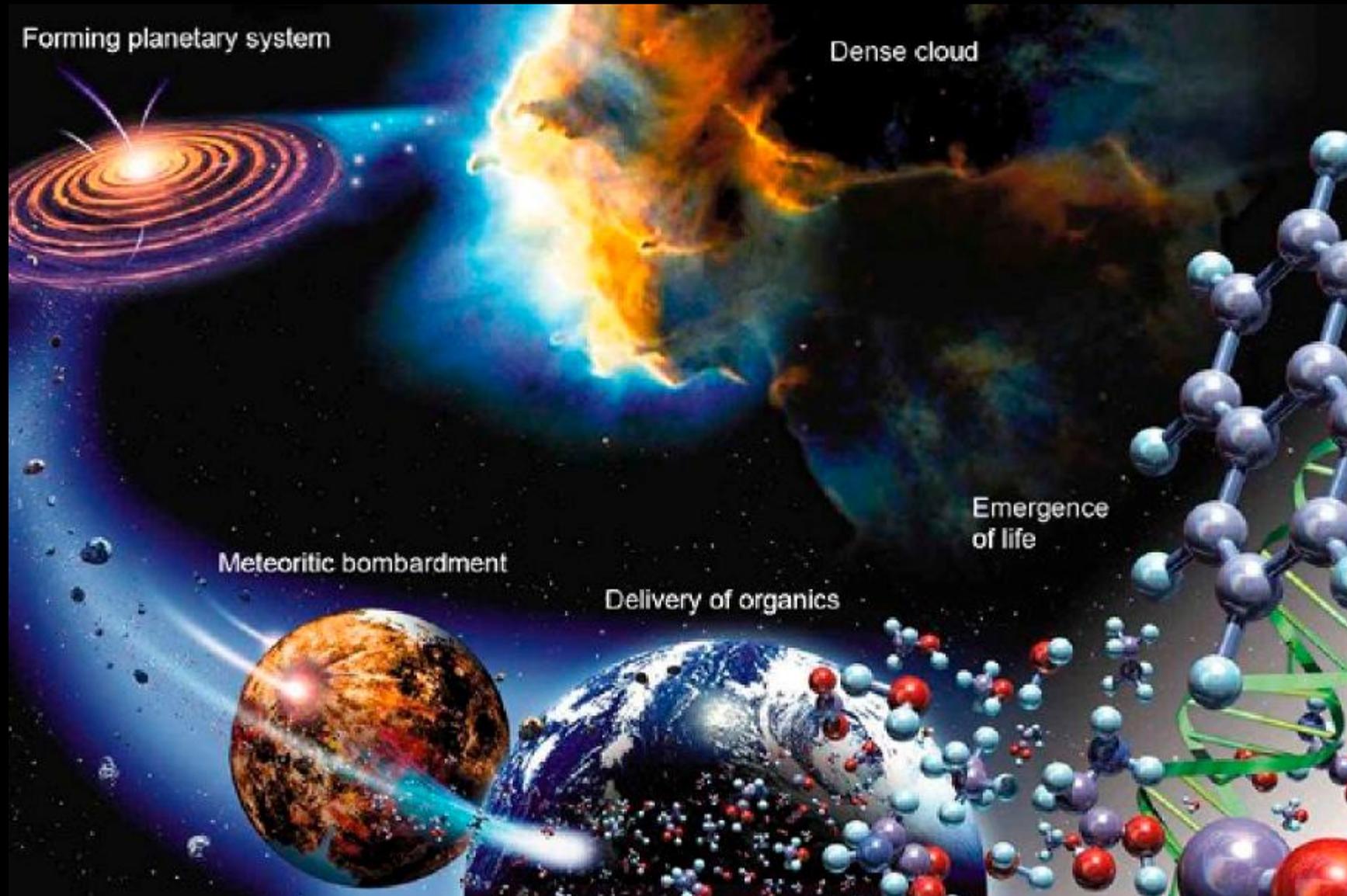


Entstanden sind die Asteroiden wie die Planeten in der Staubscheibe, die einst unsere noch junge Sonne umgab. Der Großteil bewegt sich im Asteroidengürtel zwischen den Planeten Jupiter und Mars um die Sonne.

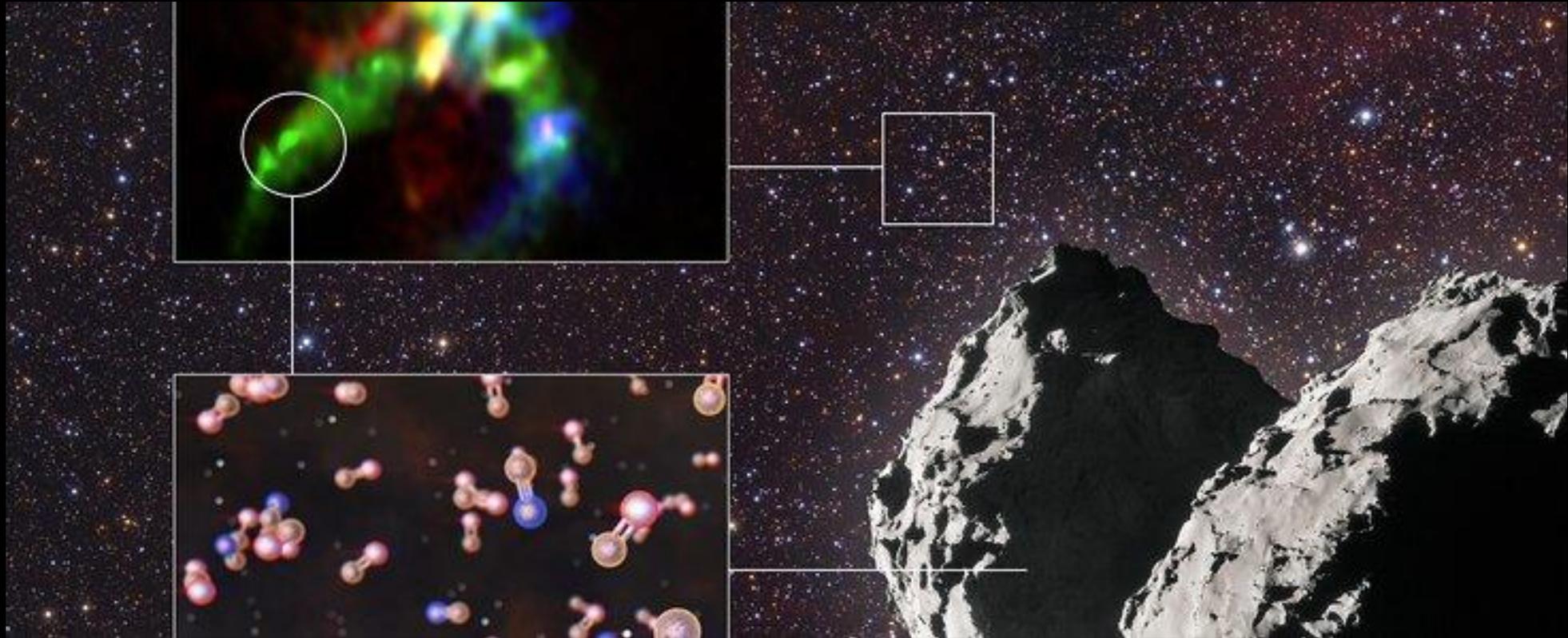


natgeotv.com

Leben und Kosmos



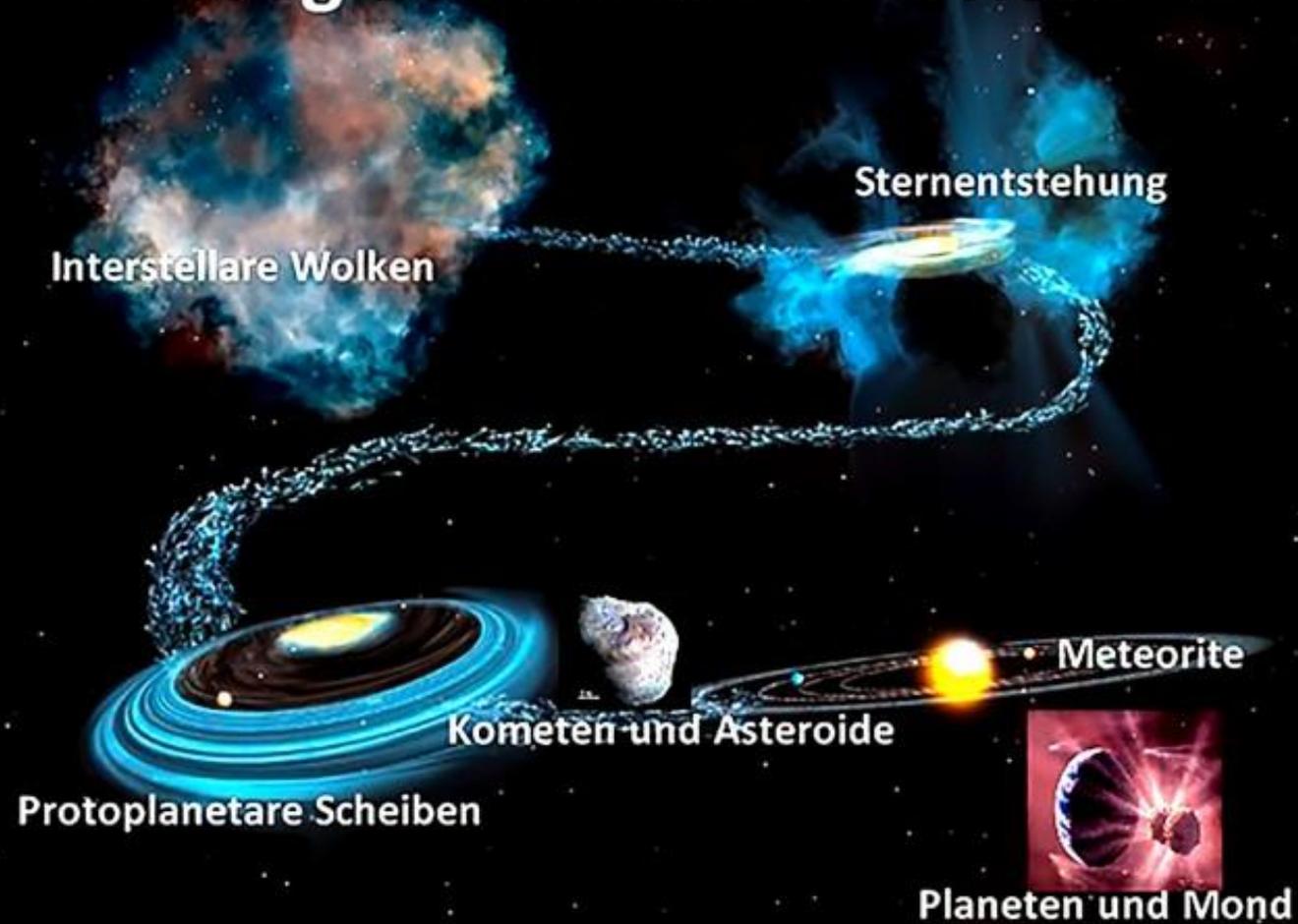
So kam der Phosphor zu uns



Astronomen decken den interstellaren Zusammenhang eines der Bausteine des Lebens auf.

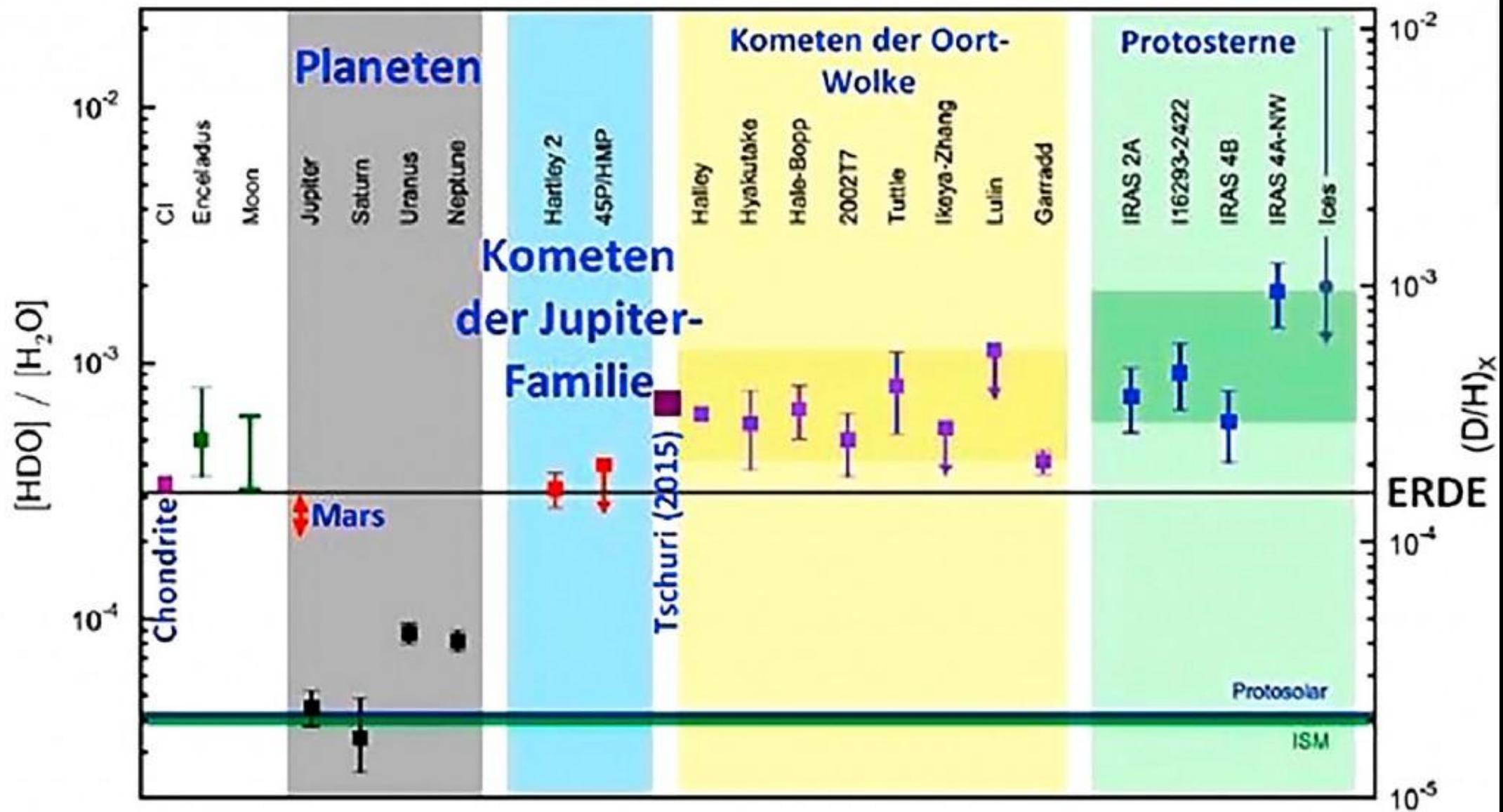
ALMA und Rosetta zeichnen den Weg des Phosphors nach

Der Weg des Wassers im Kosmos



Der Wasserweg von Molekülwolken bis zu den Planeten und Monden
Bild: ESA/ Herschel mit Ergänzungen

HDO/H₂O als Hinweis für die Herkunft des Wassers



Die Erde vor knallharten Feinden schützen

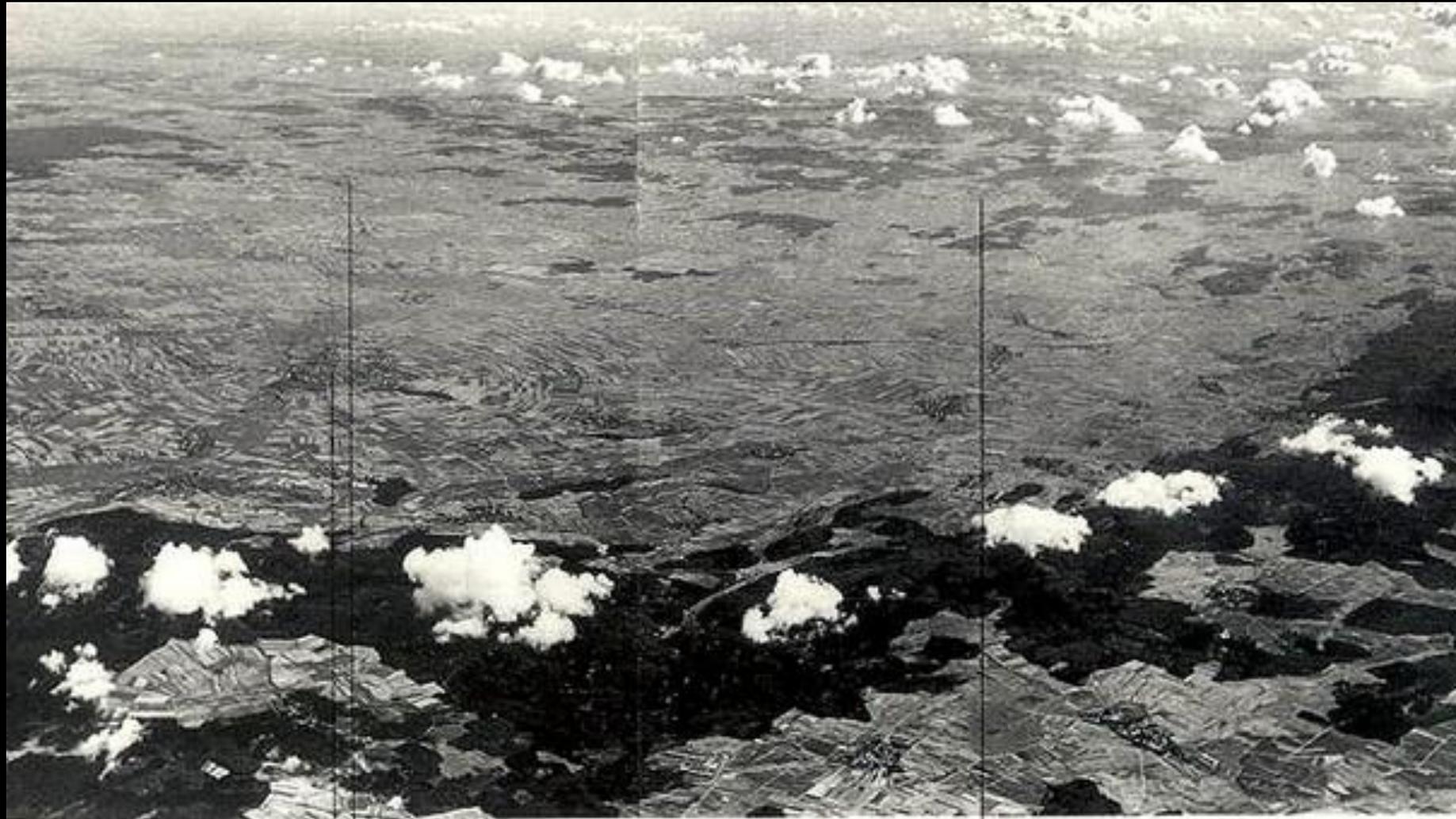


Vor 65 Millionen Jahren löste ein Asteroid einen Klimawandel aus. 1908 entwurzelte eine Asteroidenexplosion in Sibirien Millionen Bäume. In Bayern hinterließ ein Einschlag einen riesigen Krater.

Solche Katastrophen sollen zukünftig verhindert werden.



Der Barringer-Krater in Arizona wurde 1871 entdeckt und war der erste, der auf einen Meteoriteneinschlag zurückgeführt wurde. Er hat einen Durchmesser von rund 1.200 Metern und ist 180 Meter tief. Entstanden ist er wohl vor rund 50.000 Jahren.



Asteroidenspur in Bayern: das Nördlinger Ries Erst 1960 stand fest, dass das kreisförmige Ries der fast 15 Millionen Jahre alte Einschlagskrater eines Asteroiden ist. Das Nördlinger Ries gehört zu den am besten erhaltenen Kratern weltweit.



Der Asteroid entwurzelte Millionen Bäume Die Explosion über einer Waldregion setzte eine Sprengkraft von bis zu 1.000 Hiroshima-Bomben frei und entwurzelte Millionen Bäume.



Solche Spuren hinterlässt ein Meteorit am Himmel 2008 ging der Steinmeteorit "2008 TC3" über dem Nord-Sudan nieder. Er zerplatzte beim Eintritt in die Erdatmosphäre. Der lastwagengroße Brocken war der erste Asteroid, der schon vor der Kollision mit der Erde entdeckt wurde.



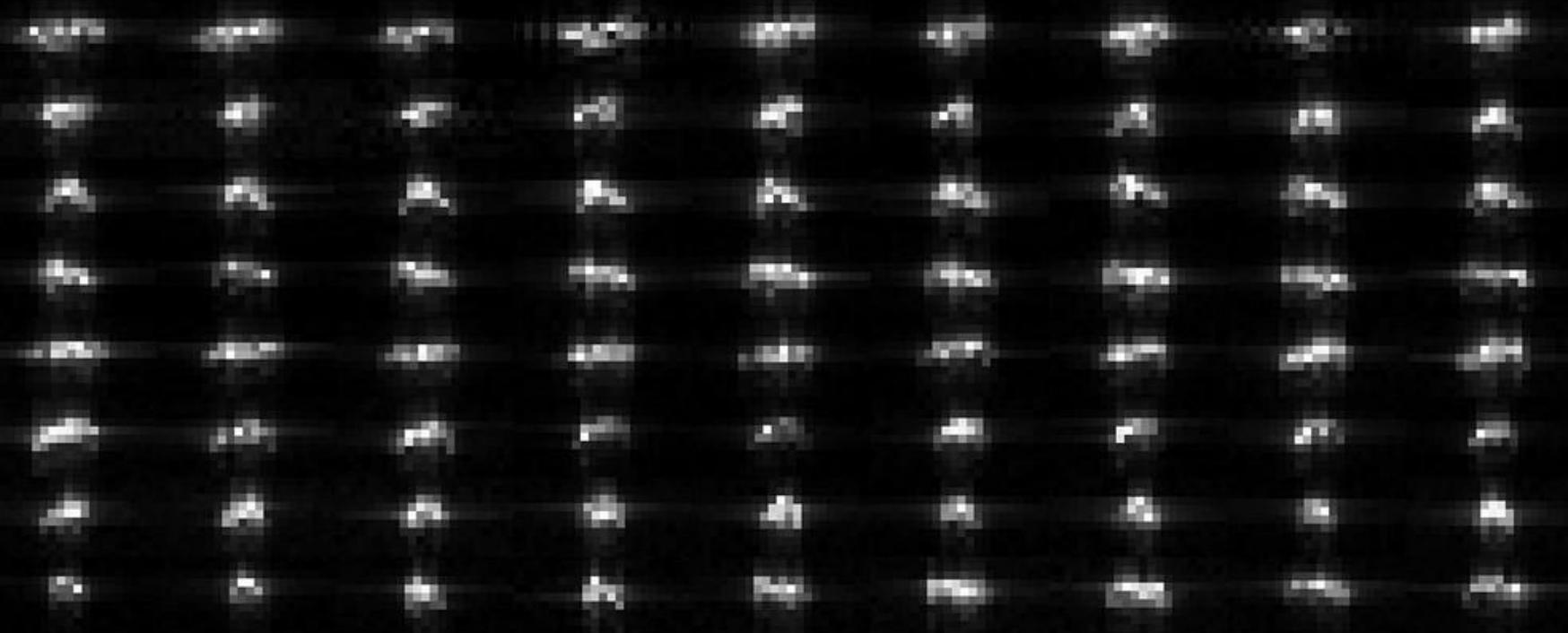
Im November 2011 verfehlte ein Asteroid knapp die Erde
Das pixelige Radarbild zeigt den Asteroiden "2005 YU55".

Der etwa 400 Meter große Asteroid flog im November 2011 mit 50.000
Stundenkilometern knapp an der Erde vorbei.

Mit nur 325.000 Kilometern Abstand war er uns näher als der Mond.

**Es war die engste Begegnung mit einem so
großen Asteroiden seit 1976.**

Bild: NASA



Es geht noch enger:

Am 15. Februar 2013 wurde es dann richtig knapp: Asteroid 2012 DA14 schoss mit nur 27.700 Kilometern Abstand an der Erde vorbei. Der Brocken mit rund 45 Metern Durchmesser hätte bei einem Einschlag gewaltige Schäden angerichtet.



Einschlag am gleichen Tag

Am gleichen Tag, dem 15. Februar 2013, schlug im russischen Ural tatsächlich ein Himmelskörper ein, der aber zum Glück viel kleiner war: Etwa 17 Meter maß er im Durchmesser, hatte etwa 13.000 Tonnen Gewicht. Als er in einer Höhe von zwanzig bis dreißig Kilometern explodierte, löste er eine gewaltige Druckwelle aus. 3700 Gebäude erlitten Schäden, teilweise bis zur Zerstörung, etwa tausend Menschen erlitten dabei Verletzungen.

Bild: picture-alliance/dpa



Die Raumsonde Galileo machte 1993 dieses Bild vom Asteroiden Ida, auf dem später erstmals der Mond Dactyl (rechts im Hintergrund) entdeckt wurde. Dactyl hat einen Durchmesser von knapp anderthalb Kilometer. Der Asteroid misst knapp sechzig Kilometer in der Länge.



Asteroidenstaub zur Erde gebracht Ende 2020 brachte dann die Nachfolger-Sonde Hayabusa-2 Staub vom Asteroiden Ryugu zur Erde. Die an einem Fallschirm abgeworfene Kapsel mit Bodenproben landete wohlbehalten



Bennu wiegt rund 79 Millionen Tonnen, hat einen Durchmesser von etwa 500 Metern und ist pechschwarz. Der Asteroid wurde 1999 entdeckt und kreist mit einer Geschwindigkeit von rund 100.000 Kilometern pro Stunde um die Sonne. Dabei kommt er alle sechs Jahre der Erde nah. Am 25. September 2135 sogar besonders nah, näher als der Mond

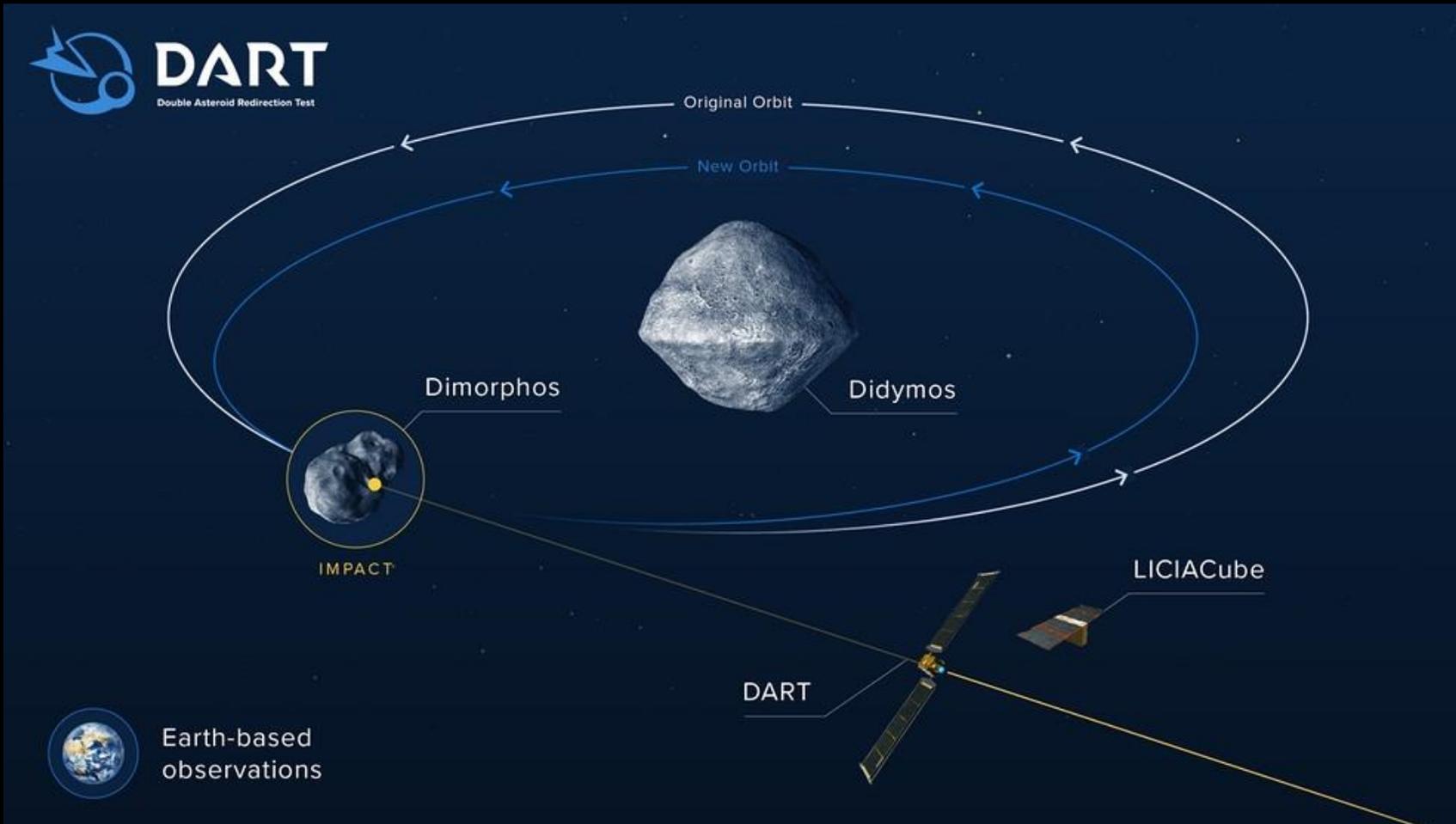


Die dann auf ihn wirkenden Kräfte könnten seine Flugbahn so verändern, dass er bei einer späteren Umrundung mit der Erde zusammenstoßen könnte. Eine Kollision halten Forscher für unwahrscheinlich. Aber was künftig mit Bennu genau passiert, hängt wesentlich von seinen Eigenschaften ab, die bislang nahezu unbekannt sind. NASA-Wissenschaftler bezeichneten Bennu daher als einen der gefährlichsten bekannten Asteroiden.



Die Wahrscheinlichkeit für eine Kollision beträgt nach derzeitigen Berechnungen zwar nur 1 zu 2.700 für die Jahre zwischen 2175 und 2199. Ein Aufprall würde allerdings 80.000 mal mehr Energie freisetzen als die Hiroshima-Atombombe, heißt es vom US-Forschungszentrum Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) in Kalifornien. Die NASA will auf einen drohenden Einschlag vorbereitet sein.

Einschlag auf Asteroid Dimorphos geplant



Wenn ein großer Asteroid auf der Erde einschlagen würde, hätte das verheerende Folgen. NASA und ESA wollen deshalb gemeinsam erforschen, ob und wie sich so ein Brocken im Ernstfall ablenken lässt: Dafür ist die DART-Mission ins All gestartet.

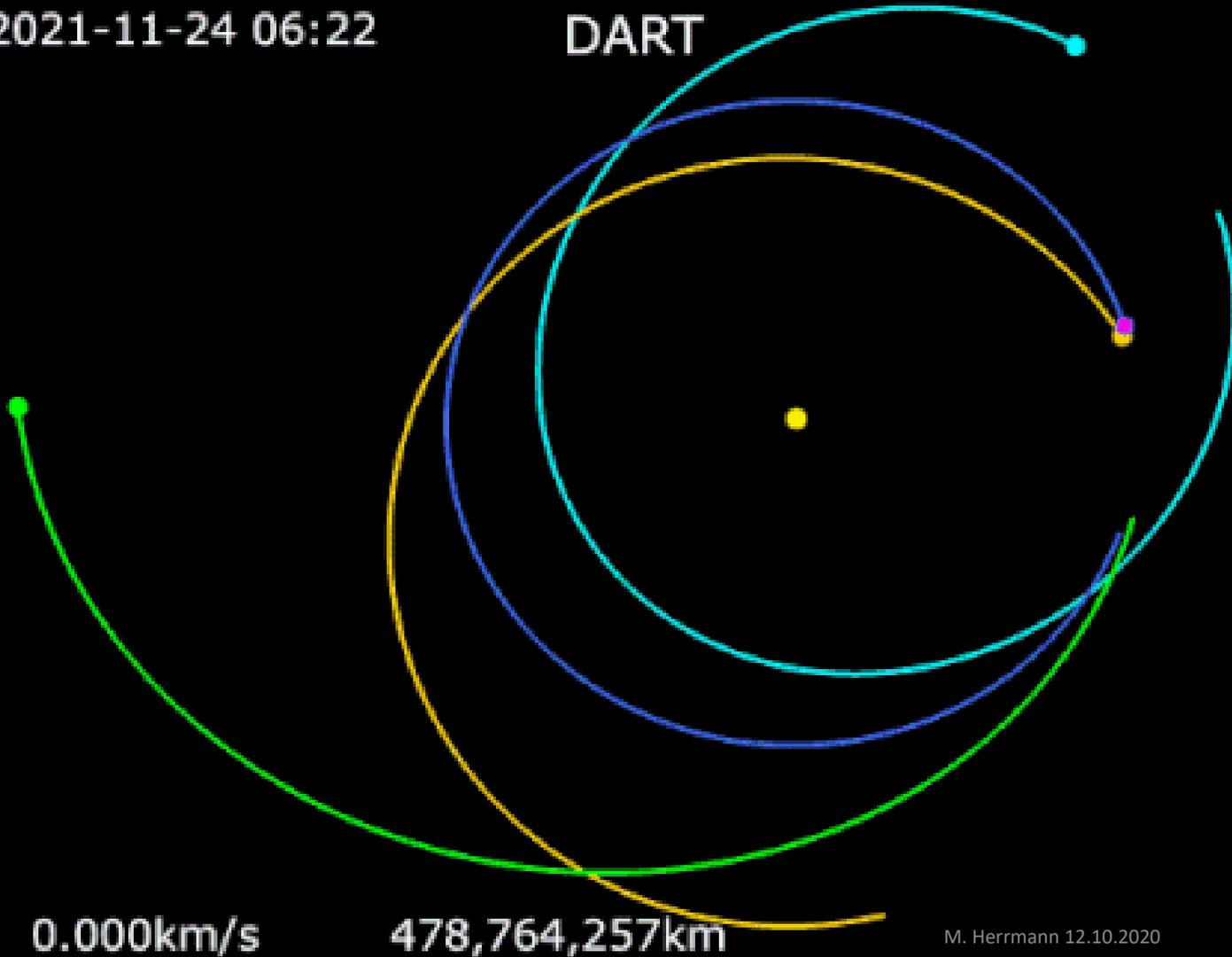
Der Asteroid Dimorphos, eine Art Mond des Asteroiden Didymos, den NASA und ESA mit ihrer Doppel-Mission anvisieren, ist keiner, der für die Erde gefährlich werden könnte. Aber es ist ein idealer Testkandidat, um auszuprobieren, welche Techniken im Ernstfall zur Asteroiden- Abwehr eingesetzt werden könnten.

Es soll die Bahn eines Asteroiden durch den Einschlag eines Satelliten verändert werden!

DART: Double Asteroid Redirection Test

2021-11-24 06:22

DART



Animation der Flugbahn von DART's
DART: magenta,
Didymos: hellgrün,
Erde: dunkelblau,
Sonne: gelb,
2001 CB21: blau-grün,
3361 Orpheus: golden

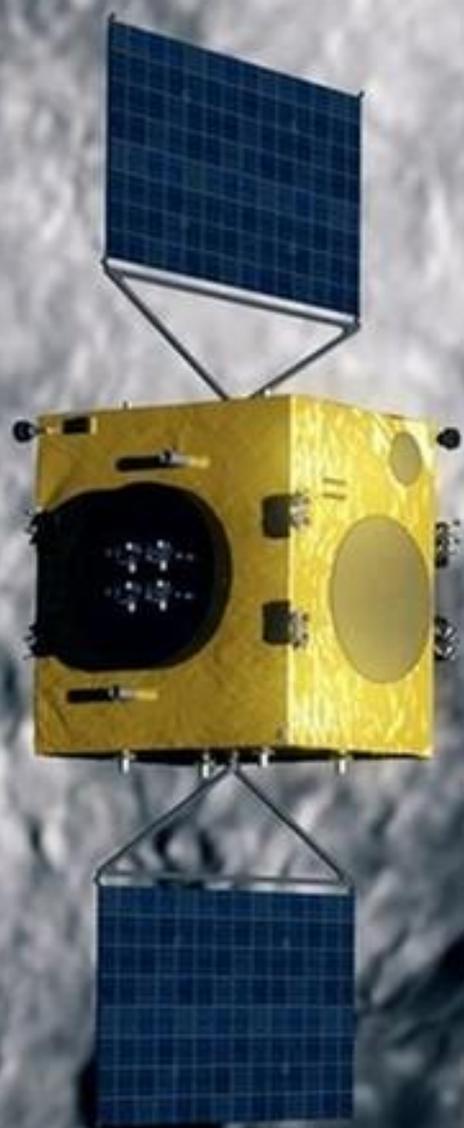
0.000km/s

478,764,257km

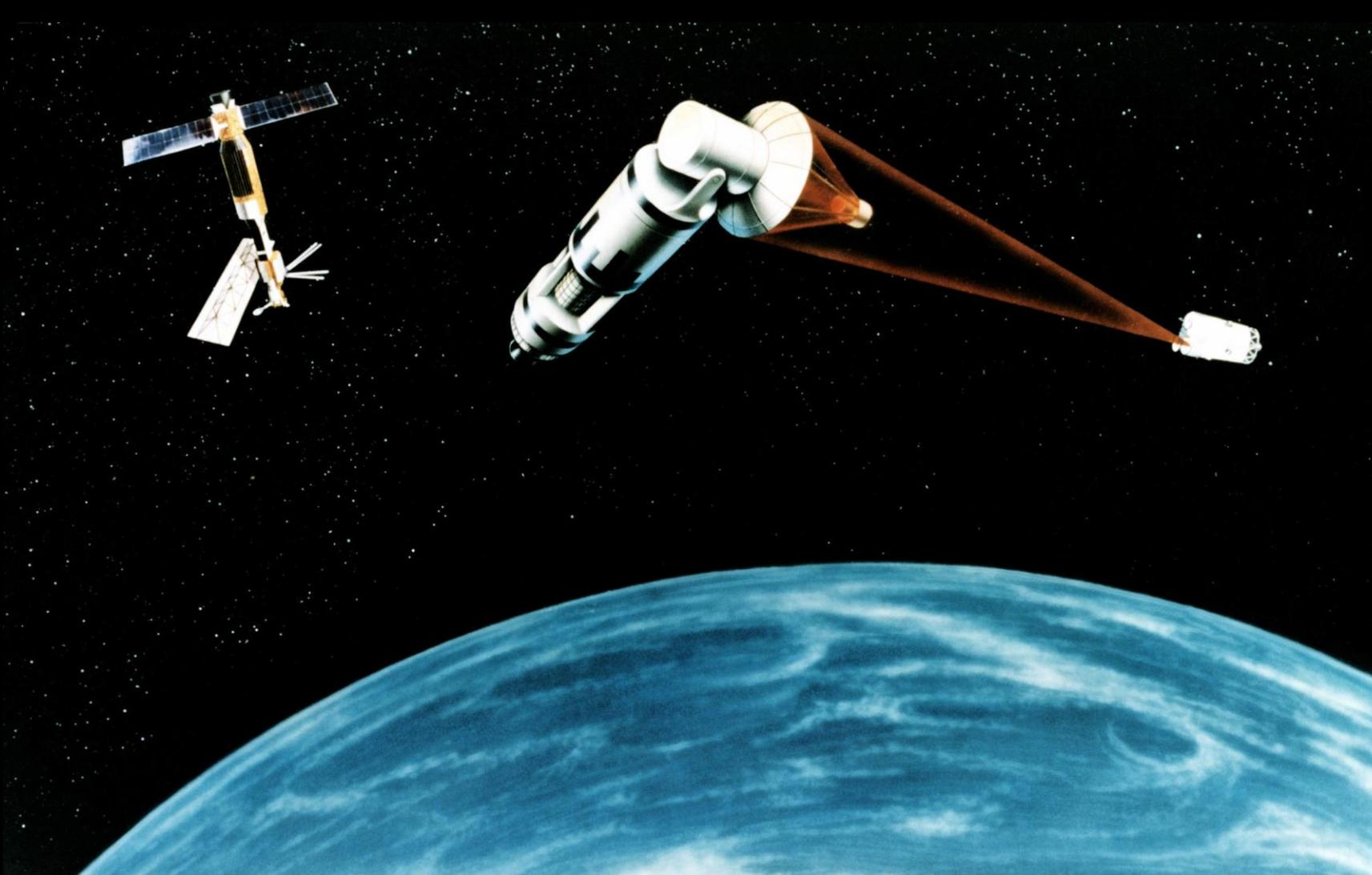
M. Herrmann 12.10.2020

esa

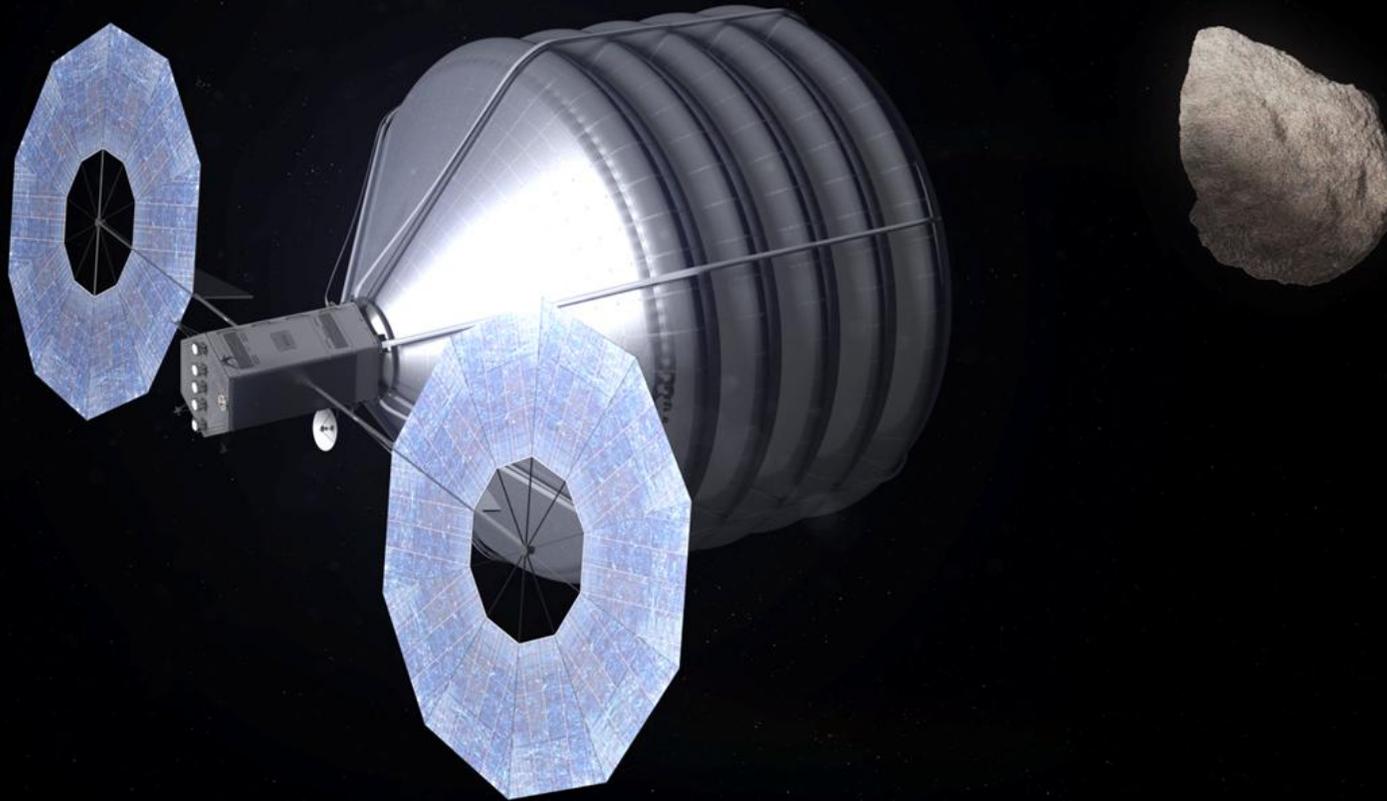
DART MISSION



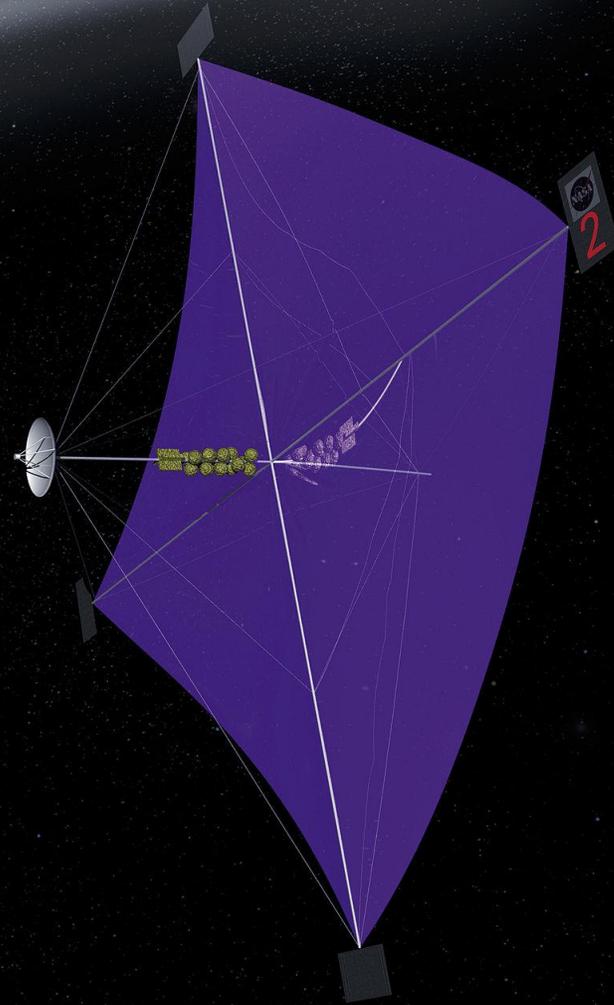
Die ESA-Asteroiden-Sonde HERA nach dem Einschlag der NASA-Sonde DART in den Dimorphos den Einschlagkrater auf dem Asteroiden untersuchen (Illustration).



Das 1984 SDI-Konzept eines weltraumgestützten Allzweck-*Nuclear-Reactor-pumped-Laser-*oder *Wasserstofffluorid-Laser-*Satelliten, feuert auf ein Ziel und erzeugt eine Moment-Änderung im Zielobjekt durch Laserverdampfen.



Eine angedachte Methode, bedrohliche große Himmelskörper zu entschärfen, ist, eingefangene kleinere Himmelskörper zum Einschlag auf die großen zu bringen und diese so aus gefährlichen Flugbahnen abzulenken.



NASA-Studie eines 0,5 km² großen Sonnensegels zum Abdrängen von großen Himmelskörpern

Asteroidenabwehr

Was geht? Was geht nicht? Geht noch was?

Michael Khan

ESA Europäische Weltraumbehörde

ESOC Europäisches Weltraumkontrollzentrum



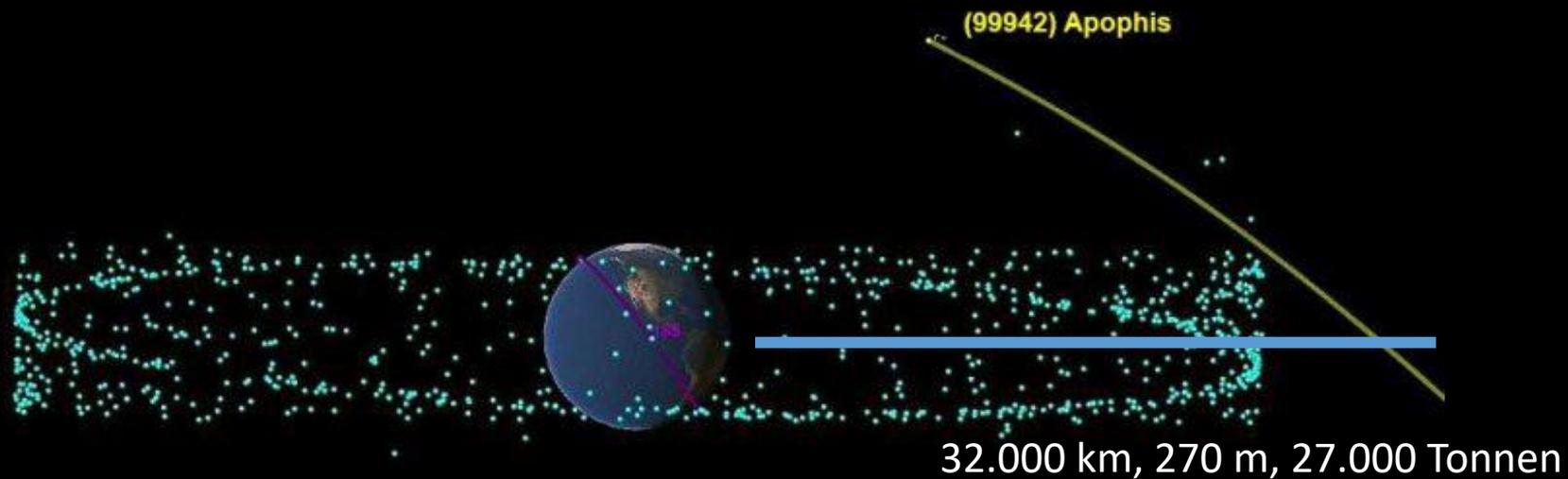
Die Bruce-Willis-Methode



- Erst mal ´rankommen lassen
- Dann verpassen wir dem Ding eine satte Ladung Megatonnen
- Problem solved

Das wird am 13.4. 2029 passieren

2029 Apr 13,
1,000x time

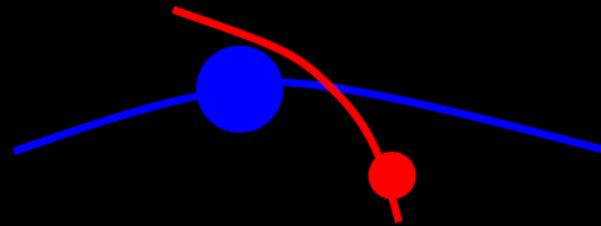
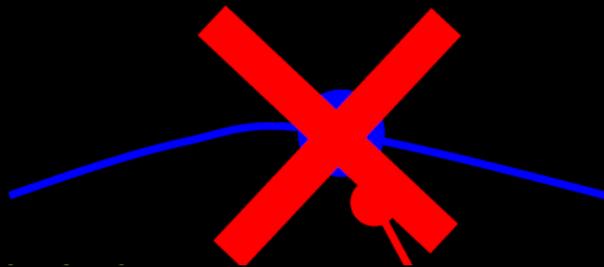


Ablenken eines NEOs

- **Beispiel: 99942/Apophis**
 - Erdbahnkreuzer
 - Rund 270 m groß
 - 27 Millionen Tonnen Masse
 - Umlauf um die Sonne: 324 Tage
 - Wird der Erde am 13. April 2029 (Freitag) auf 32000 km nahekommen
- **Angenommen, man wüsste, dass er die Erde treffen wird...**
 - Was könnte man da machen?

Ein Rechenbeispiel

- Fiktiver Fall: Apophis 2029
 - Volltreffer auf der Erde vorhergesagt
 - **10 Jahre Vorlaufzeit = 11 Apophis-Umläufe**
 - Differenz Volltreffer → Verfehlen: max. 13850 km
 - Bahngeschwindigkeit der Erde: ca. 30 km/s
 - $13850 \text{ km} / 30 \text{ km/s} = 462 \text{ sec} = 7.7 \text{ Minuten}$
- Das heißt, man muss nur:
 - Apophis' Eintreffen 7.7 Minuten verzögern



Wieviel Schubs bräuchte man?

- Mit kinetischem Impaktor:
 - Ein 10 t-Impaktor mit 40 km/s
 - Ein 40 t-Impaktor mit 10 km/s
 - Vier 10 t-Impaktoren mit je 10 km/s
 - Zehn 5 t-Impaktoren mit je 8 km/s
 - Lösbar!
- Aber! Was passiert bei
 - schlechter Impulsübertragung?
 - einem größeren Asteroiden?
 - weniger Zeit?

Nukleare Sprengsätze

- Im schnellen, dichten Vorbeiflug
 - Punktgenaue Zündung
 - Wirkung schwer vorhersehbar
 - Thermischer Schock verdampft Materie des Objekts
 - Bei Kometen einzige Chance
- Unter der Oberfläche platziert
 - Aufwändige Mission (bemannt?)
 - Deutlich höhere Erfolgschance
 - Nicht alle Objekte erreichbar



Der Gravitationstraktor

Raumschiff mit
Ionenantrieb

Schwerkraft des
Raumschiffs lenkt
Asteroid ab

Raumschiff
schwebt neben
Asteroid



Vergleich der drei Methoden

Methoden	Impuls	Präzision
Kinetischer Impaktor	+	-
Nuklearer Sprengsatz	+ → + + +	- - -
Gravitations-traktor	-	+ + +

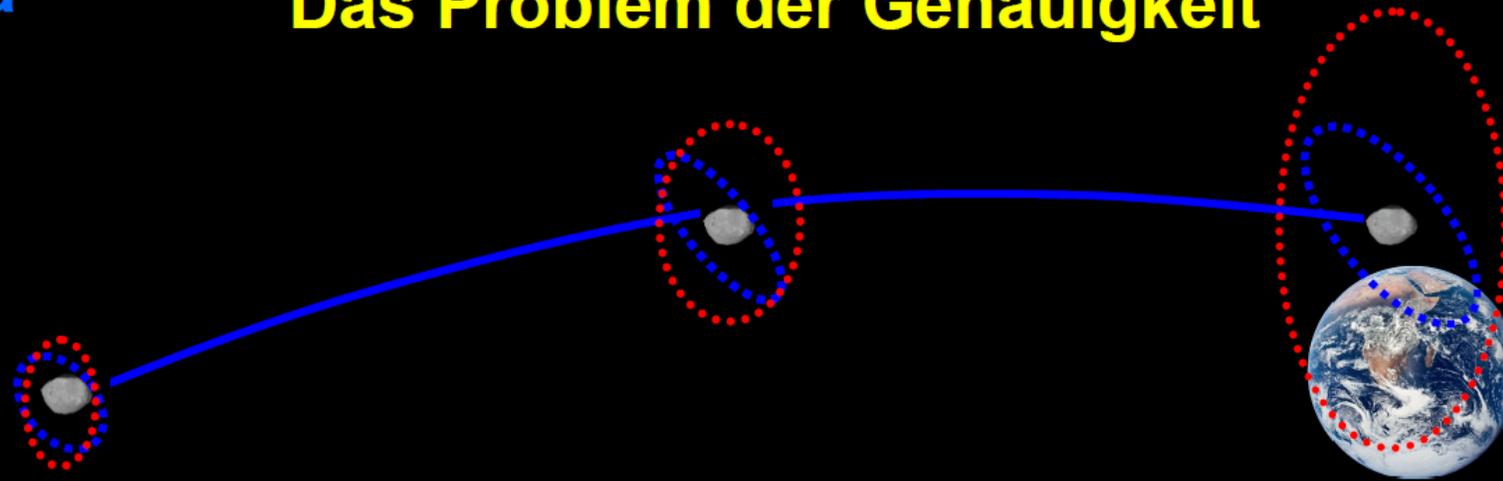
Weitere Vorschläge

- Verändern der Reflektionseigenschaften
 - Platzieren einer Antriebseinheit
 - Kreiselschleuder
 - Starker Laser
 - Konzentrierende Spiegel
-
- Kontrollierte Zerlegung

Sonderfall: Kontrollierte Zerlegung

- Benötigt:
 - Verankerung, Baggervorrichtung, Katapult
 - Das Objekt selbst dient als Treibstoff
 - Gefahr wird endgültig gebannt
- Technologische Fortschritte
 - Raketentechnik
 - Robotik
- Mit Sicherheit mittelfristig eingesetzt

Das Problem der Genauigkeit



- Bahn eines Objekts nie genau bekannt
- Kenntnis verschlechtert sich mit der Zeit
- Vorhersagegenauigkeit ist ein Problem
- Ablenkmanöver: Verschlimmbesserung?
- Kontinuierliche Messung von Vorteil
- Wie aber nach-korrigieren?

Können wir uns wehren?



- Erdbahnkreuzende Asteroiden:
 - Zumeist klein (je kleiner, desto häufiger)
 - Gerade kleine Objekte sind abwehrbar
 - Vorwarnzeit!
- Und was ist mit Kometen?

Kurzperiodische Kometen

- Nukleare Zerlegung aussichtsreicher
- Ablenkung möglich
- Aber: Oft deutlich größer als erdbahnkreuzende Asteroiden
- Koma erschwert das Zielen



Generelle Anmerkungen

- Ablenkung: nur zeitweilige Lösung
- Vorsicht: „Schlüssellochproblem“
- Ablenkung braucht Vorlaufzeit!
- Wichtigste Abwehrmethode:
 - Kontinuierlich beobachten und überwachen
- Verbesserung der Präzision
 - Kenntnis des Inneren von Asteroiden und Kometen verbessern
 - Bahnvermessung durch Begleitsonden

