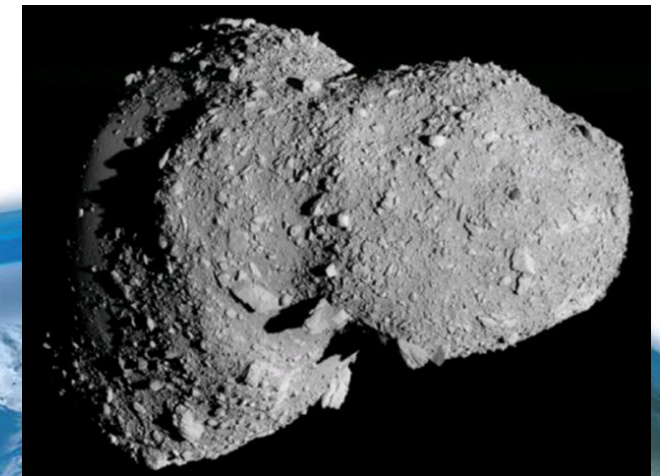


Die Erforschung von Asteroiden und Kometen: Gefahr erkannt, Gefahr gebannt?

Alan Harris

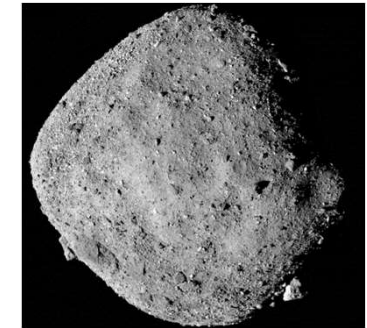
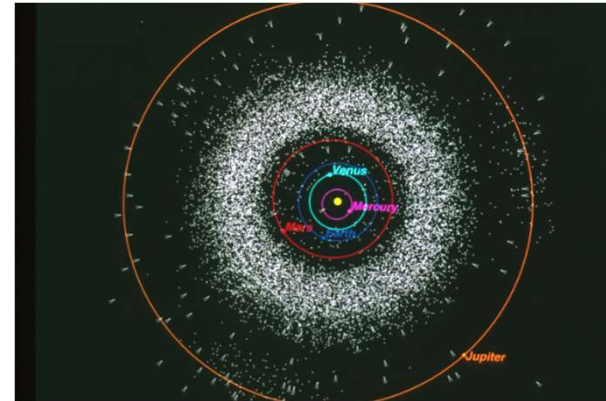
DLR Institut für Planetenforschung, Berlin-Adlershof



Knowledge for Tomorrow

Was sind Asteroiden und Kometen?

Asteroiden sind steinige/metallische Körper aus Silikaten und Metallen wie Eisen und Nickel. Millionen von Asteroiden befinden sich im Asteroidenhauptgürtel zwischen den Umlaufbahnen von Mars und Jupiter. Asteroiden haben Durchmesser von einigen Metern bis hin zu hunderten von Kilometern.



Asteroid Bennu
Credit: NASA/Goddard/Univ. of Arizona

Kometen sind gefrorene Überbleibsel aus der Entstehung des Sonnensystems, die aus Staub, Gestein und Eis bestehen. Die Koma und der Schweif entstehen durch den von der Sonneneinstrahlung verursachten Auswurf von Gas und Staub. Kometenkerne können Durchmesser von bis zu 100 Kilometern haben.



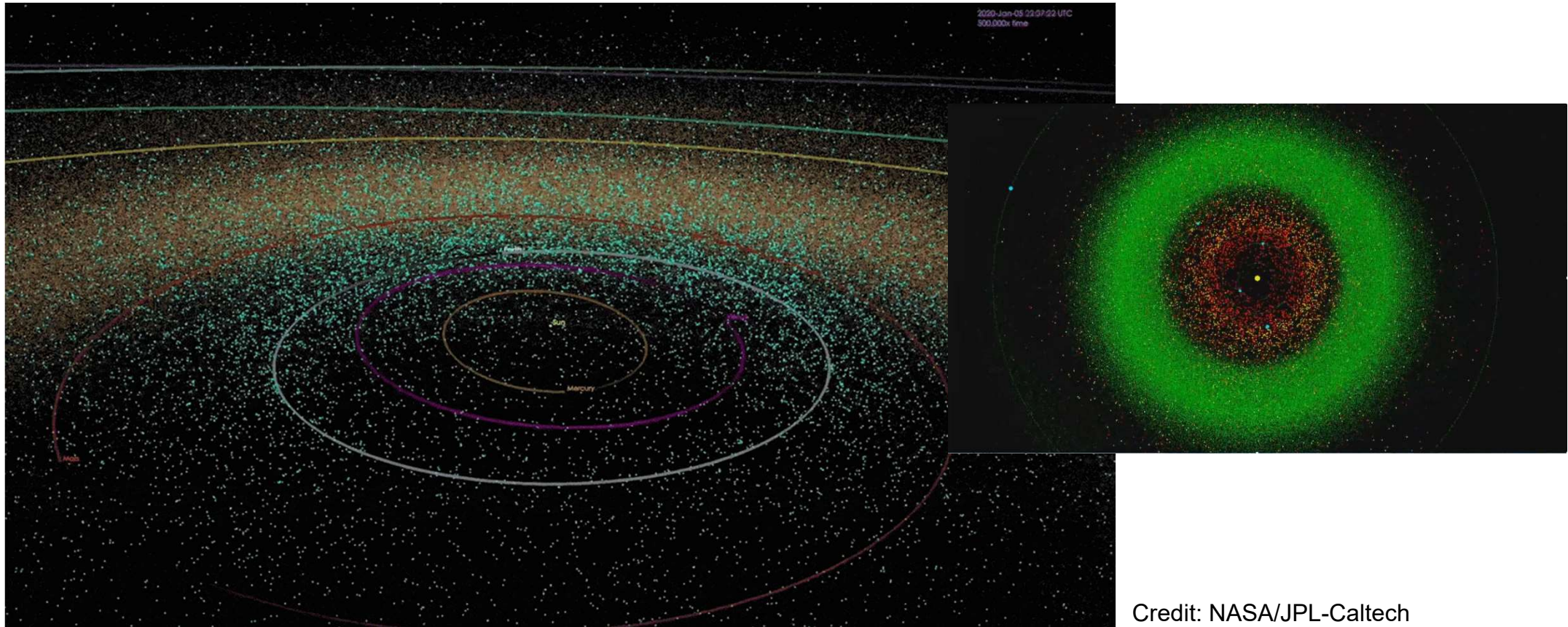
Comet Hale-Bopp. Credit: Wally Pacholka, April 5, 1997



Kern des Kometen Wild 2.
Credit: NASA

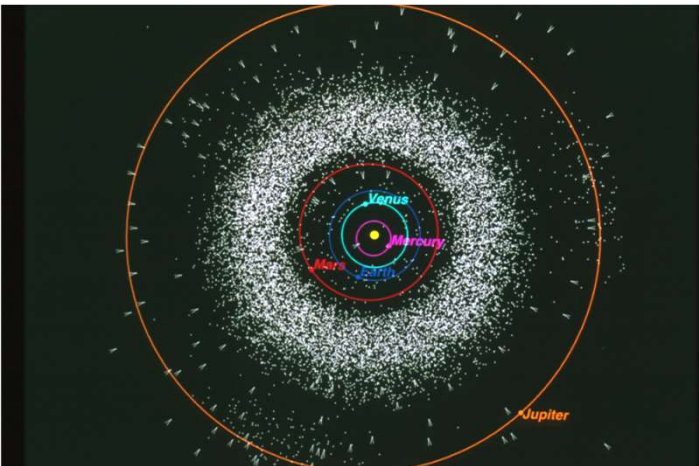


Asteroid Populations (1/2)

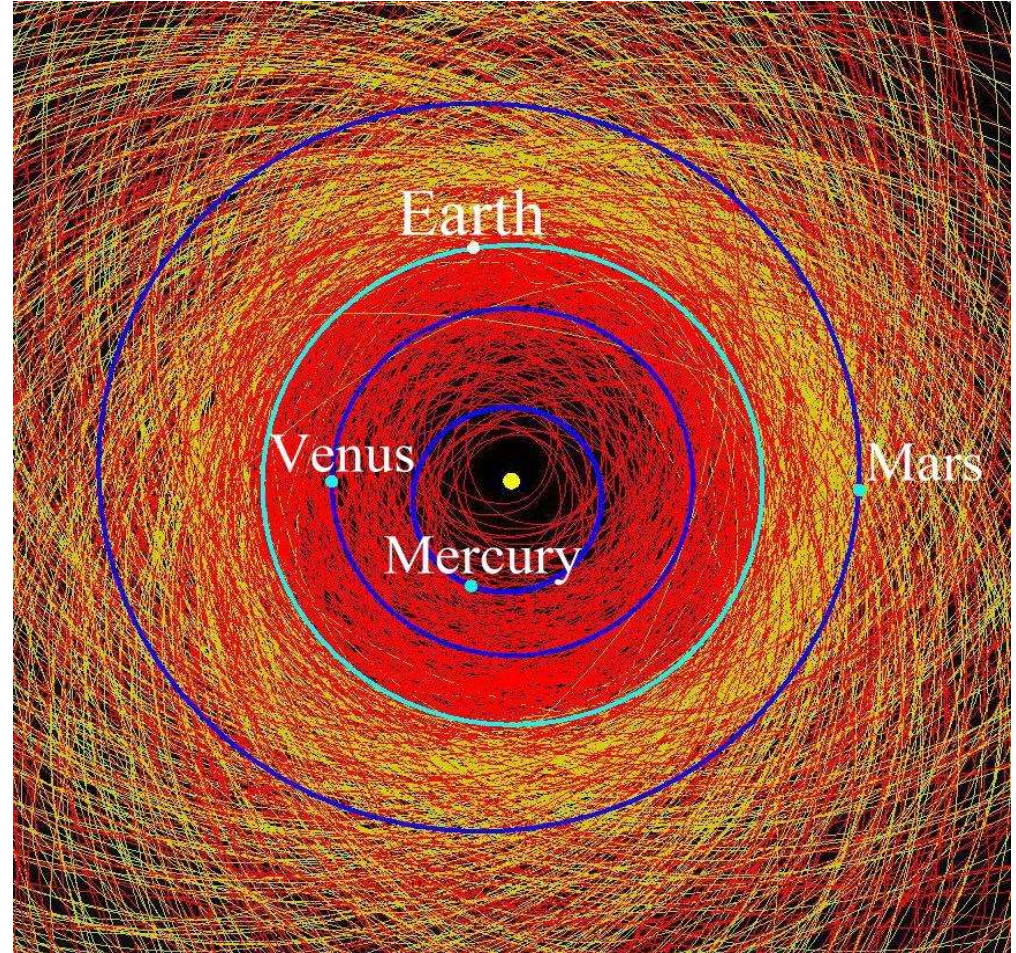


Asteroid Populations (2/2)

Hauptgürtel-Asteroiden (“main belt”)



erdnahe Asteroiden (“near-Earth asteroids”)



Die Erkundung von erdnahen Asteroiden

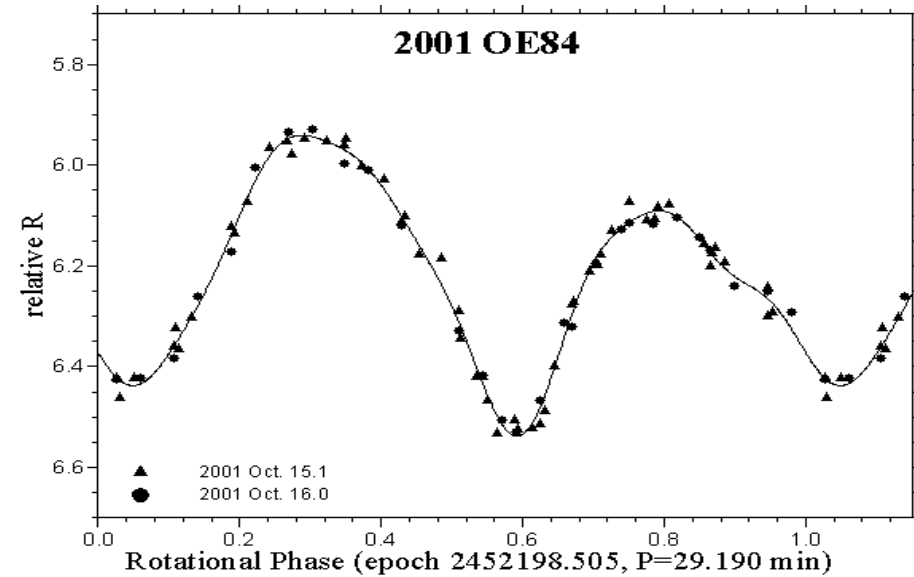
1. Mittels Raumfahrtmissionen



2. Mittels astronomischer Beobachtungen



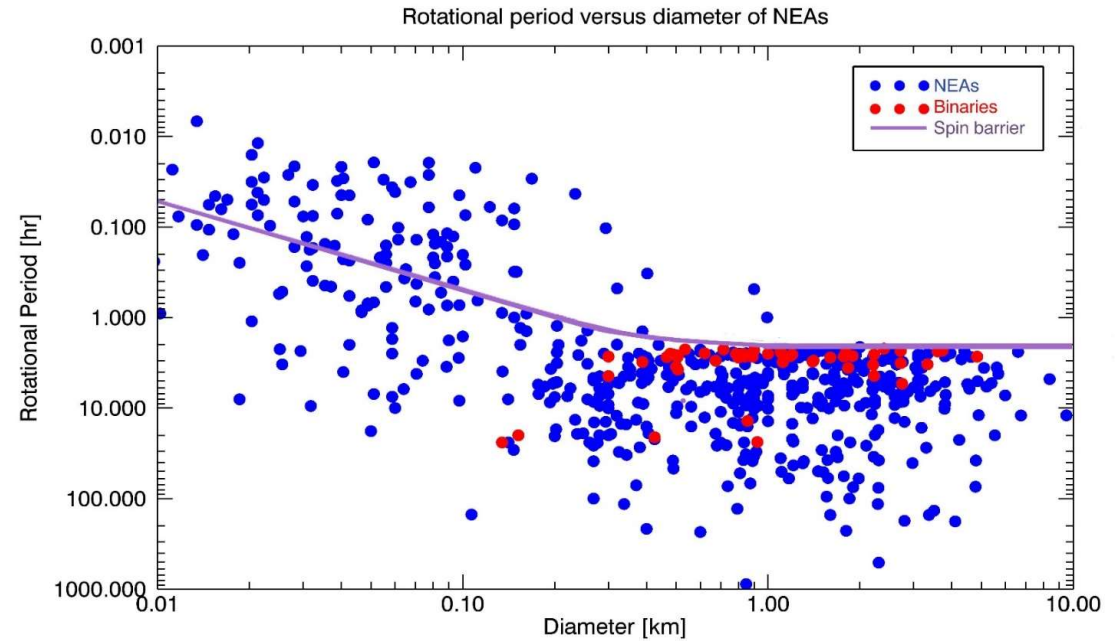
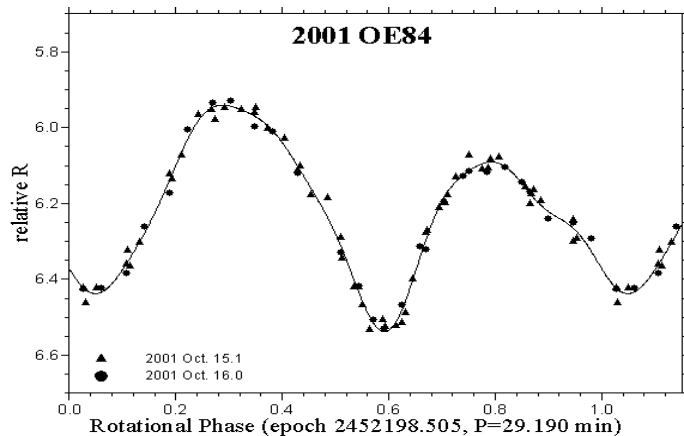
Aus Beobachtungen der Rotation von Asteroiden mittels erdgestützten Teleskopen können wichtige wissenschaftliche Informationen abgeleitet werden



Credit: Ondrejov Asteroid Photometry Project



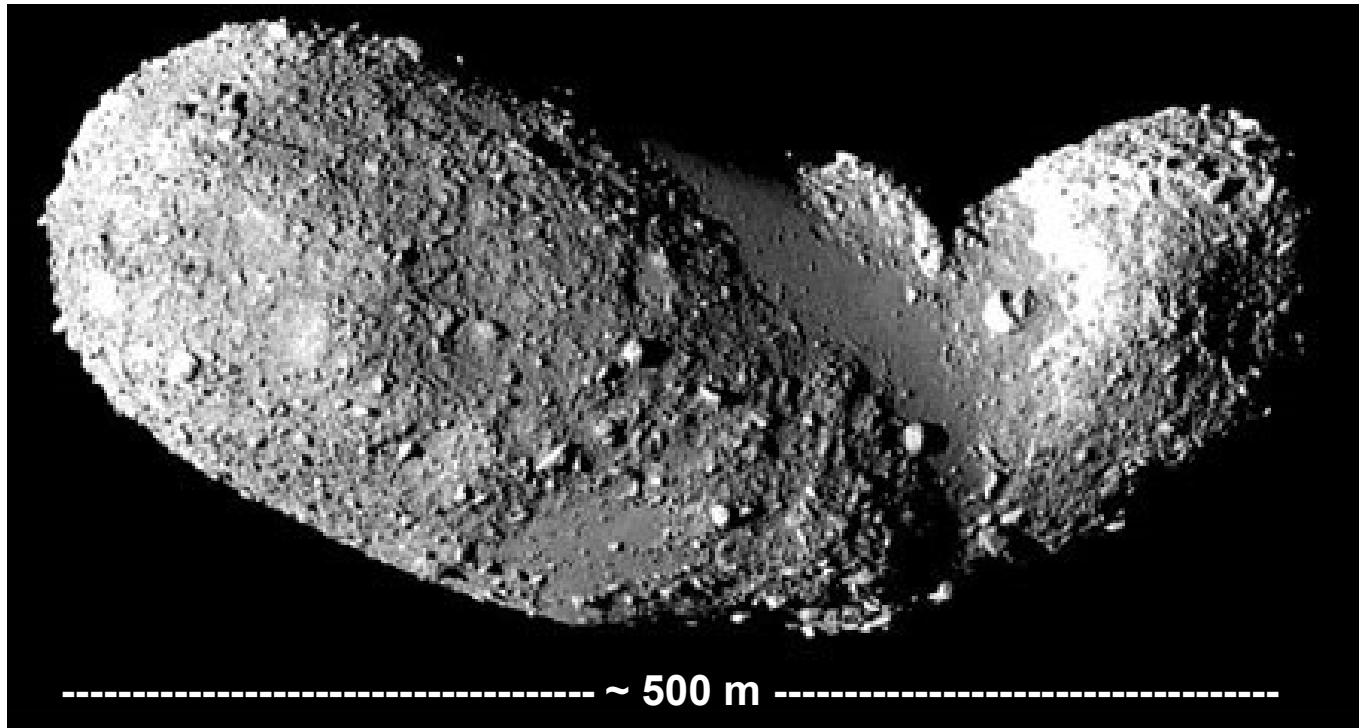
Grosse Asteroiden rotieren nicht schneller als einmal pro etwa 2 Stunden. Warum?



In der Regel haben größere Asteroiden vernachlässigbare Zugfestigkeit und werden nur durch die Schwerkraft zusammengehalten. Diese Struktur, die oft als „Geröllhaufen“ oder „Rubble Pile“ bezeichnet wird, bestimmt eine kritische Rotationsperiode von etwa 2,2 Stunden; eine schnellere Rotation führt dazu, dass der Asteroid auseinander bricht.



Der Asteroid Itokawa ist vielleicht ein Beispiel von einem “Rubble Pile”

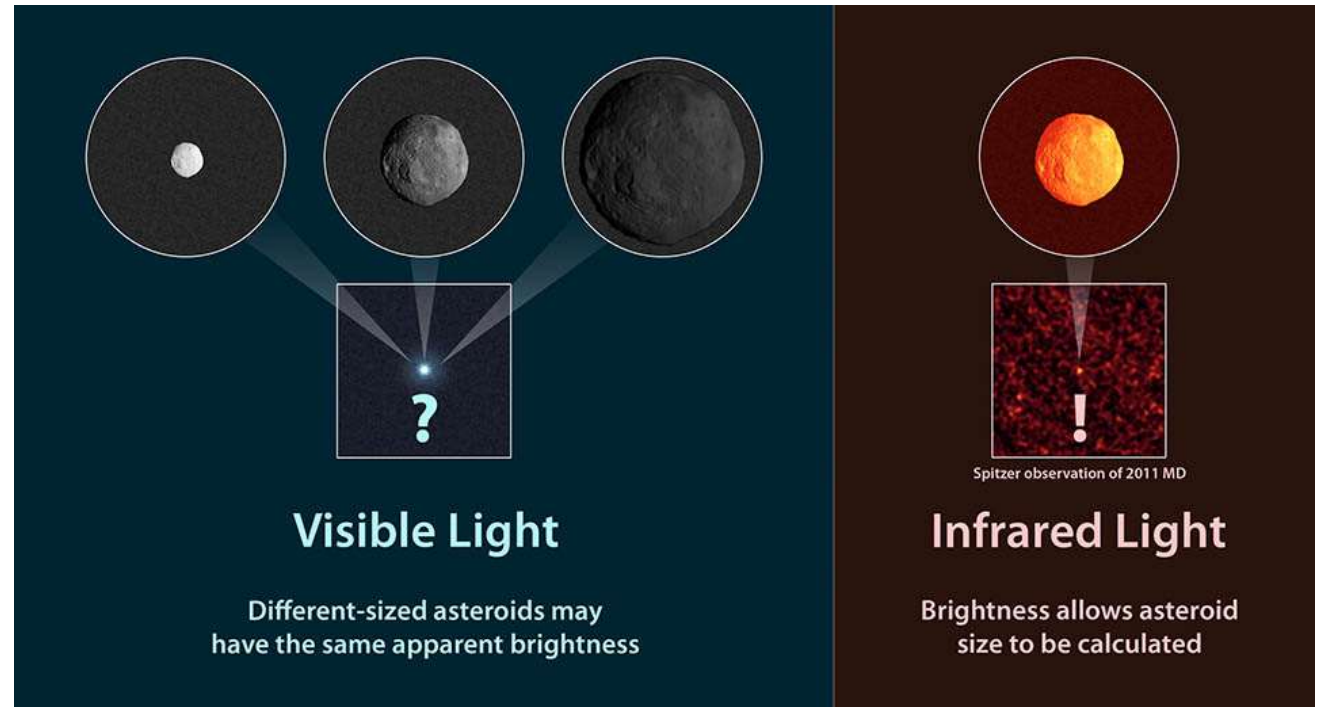


Credit: JAXA, Japan



Asteroiden reflektieren das Sonnenlicht und emittieren Wärmestrahlung in Form von Infrarotlicht

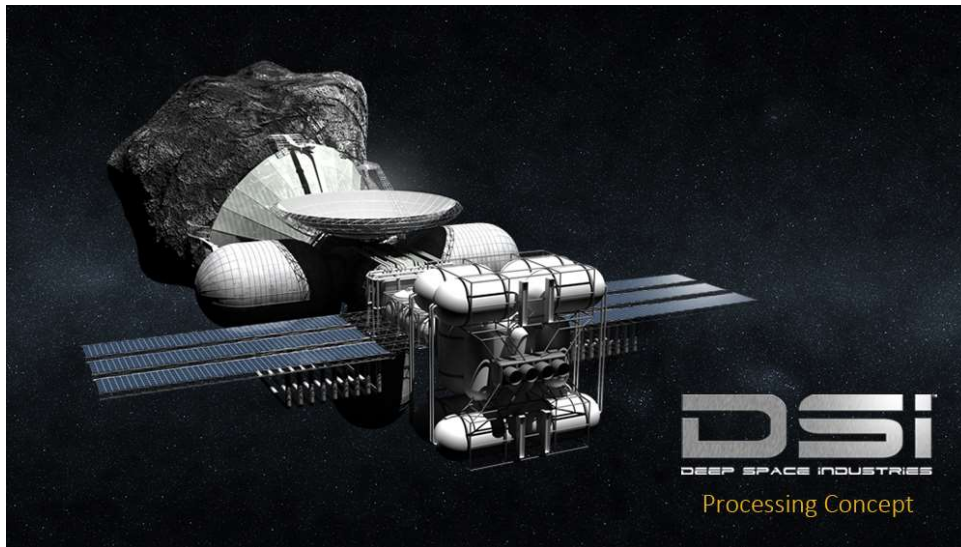
Mittels Beobachtungen des abgestrahlten Infrarotlichts eines Asteroiden können die Größe, sowie andere physikalische Eigenschaften des Objekts bestimmt werden.



NASA/JPL-Caltech



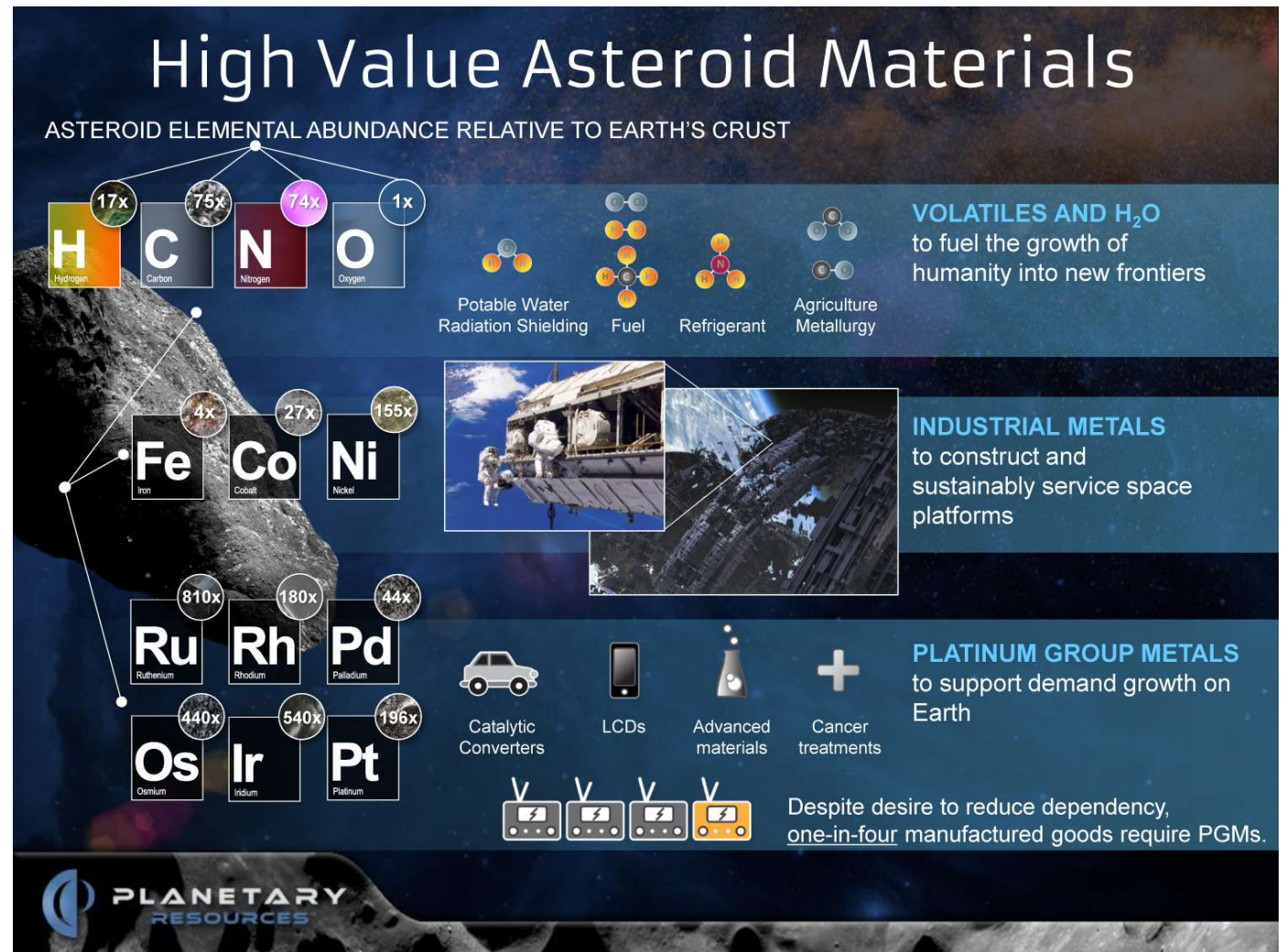
Asteroiden können der Menschheit sehr hilfreich sein



“Asteroid mining”



Asteroid mining: Rohstoffe und Treibstoff für zukünftige Aktivitäten im Weltall?

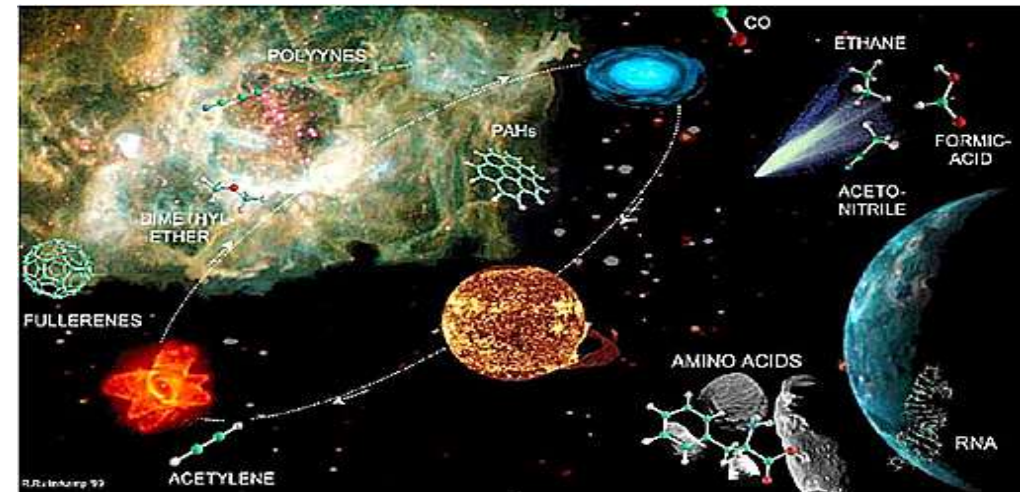


Asteroiden und Kometen können uns sehr viel über den Ursprung der Planeten und des Lebens erzählen



Credit: NASA/JPL-Caltech

Asteroiden, Kometen und Planeten sind durch Kollisionen zwischen kleinen steinartigen und eisigen Körpern vor 4,5 Milliarden Jahren in der protoplanetaren Scheibe entstanden.



Credit: ESA

Kometen und Asteroiden enthalten sowohl Wasser als auch Aminosäuren und andere organische Moleküle.



Asteroiden und Kometen können aber auch gefährlich sein



Credit: Don Davis/NASA



Barringer impact crater, Arizona. Credit: David Roddy, USGS

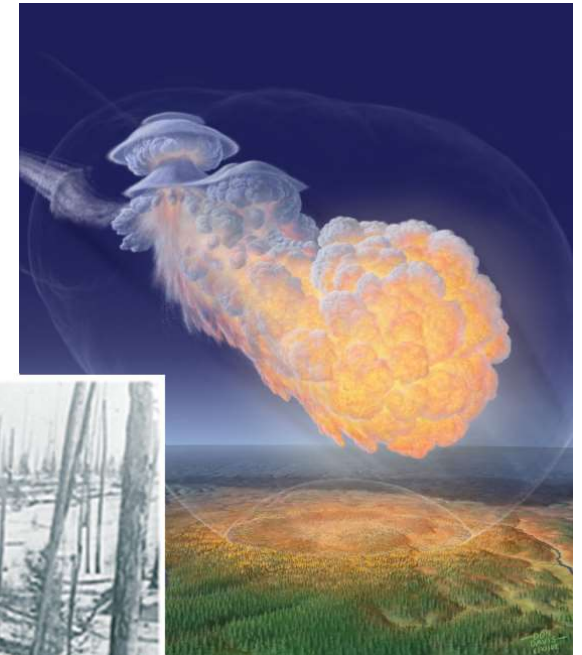


Das Tunguska-Ereignis

Im Juni 1908 explodierte ein Objekt in einer Höhe von etwa 10 km über der Tunguska-Region in Sibirien. Auf mehr als 2000 Quadratkilometern wurden bis zu 80 Millionen Bäume umgeknickt.



© 2011 Pearson Education, Inc.



Credit: Don Davis

Photo: N. A. Setrukov, 1928



Tscheljabinsk, 15. Feb. 2013

Ein Asteroid mit einem Durchmesser von 18 m und einer Masse von etwa 11.000 Tonnen ist in die Erdatmosphäre mit einer Geschwindigkeit von 65.000 km/h eingedrungen. In einer Höhe von etwa 25 km ist er wegen der Kompression der Luft und der Hitze blitzartig “explodiert”.

Credit: Marat Akhmetaleyev



Credit: Nasha gazeta



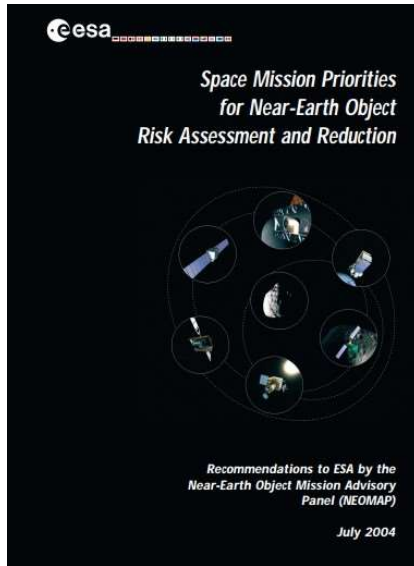
Credit: Oleg Kargopolov



Don Quijote



DART – the Double Asteroid Redirection Test



Defending Planet Earth: Near-Earth Object Surveys and Hazard Mitigation Strategies Final Report Aeronautics and Space Engineering Board Division on Engineering and Physical Sciences

THE NATIONAL ACADEMIES PRESS 500 Fifth Street, N.W. Washington, DC 20001

This study is based on work supported by the Contract NNH06CE15B between the National Academy of Sciences and NASA. Copyright 2010 by the National Academy of Sciences. All rights reserved. Printed in the United States of America.

The Near-Earth Object Mission Advisory Panel (NEOMAP)

Dr. A. W. Harris, German Aerospace Center (DLR) Institute of Planetary Research, Berlin, D (Chair)
Dr. W. Benz, Physikalisches Institut, Universität Bern, CH
Dr. A. Fitzsimmons, Astrophysics & Planetary Science Division, The Queen's University Belfast, UK
Dr. S. F. Green, Planetary and Space Sciences Research Institute, The Open University, UK
Dr. P. Michel, Observatoire de la Côte d'Azur/CNRS, F
Dr. G. B. Valsecchi, INAF-IASF, Roma, I

ESA NEOMAP Technical Officer: Mr. A. Galvez, ESA Advanced Concepts Team

“Of all six missions reviewed, the Panel recommends that ESA gives highest priority to the **Don Quijote** concept as the basis for its participation in NEO impact-risk assessment and reduction.”



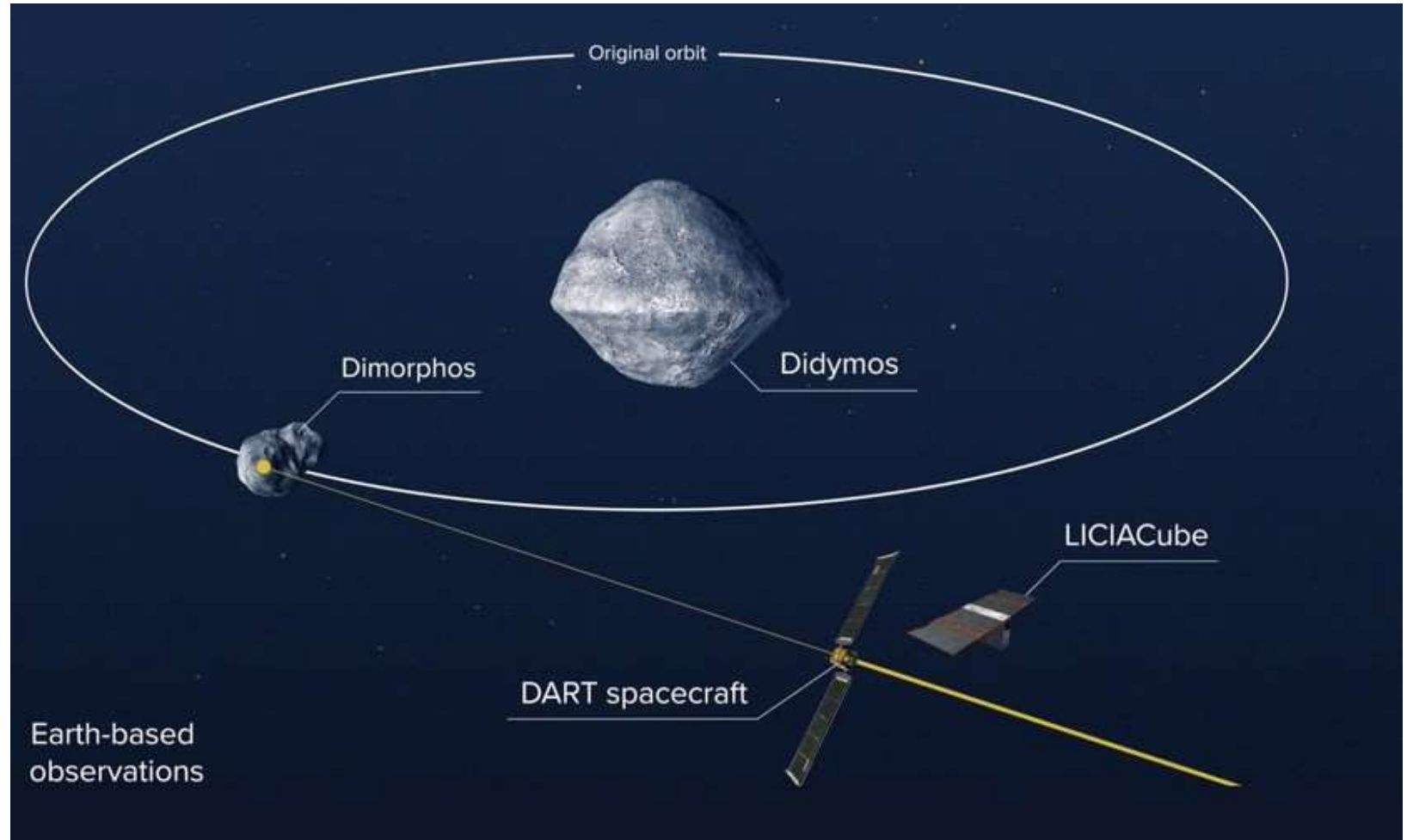
Recommendation: If Congress chooses to fund mitigation research at an appropriately high level, the first priority for a space mission in the mitigation area is an experimental test of a kinetic impactor along with a characterization, monitoring and verification system, such as the **Don Quijote** mission that was previously considered, but not funded, by ESA.



DART – the Double Asteroid Redirection Test – war ein großer Erfolg!

Die NASA gab im August 2018 grünes Licht für das endgültige Design und die Konstruktion von DART.

DART wurde am 24. November 2021 gestartet und schlug am 27. September 2022 mit **einem Zielfehler von nur 17 m** auf dem Mond von Didymos, genannt Dimorphos, ein. Der Einschlag verursachte eine Verringerung der fast zwölfstündigen Umlaufzeit von Dimorphos **um 33 Minuten - viel mehr als erwartet.**

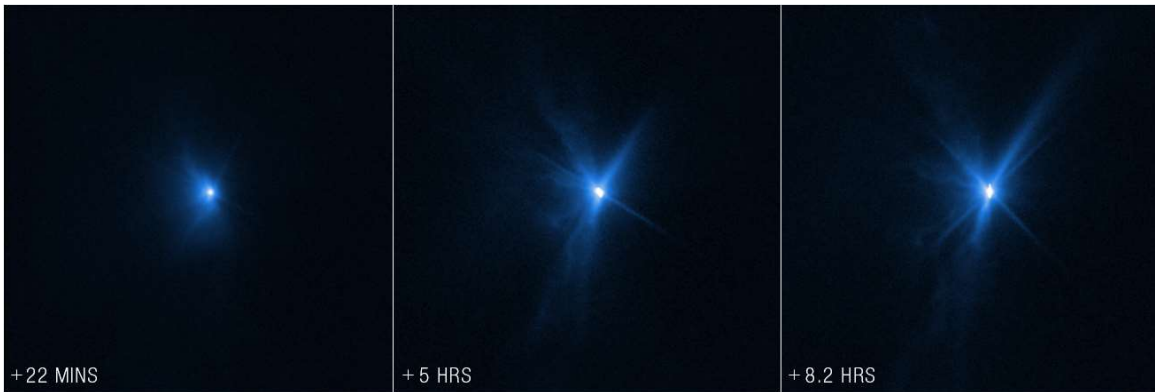


DART – the Double Asteroid Redirection Test

Vorletztes Bild der Oberfläche von Dimorphos, aufgenommen von DARTs DRACO-Kamera, nur 2 Sekunden vor dem Einschlag. Der Bereich hat einen Durchmesser von etwa 30 m.



Credit: NASA/Johns Hopkins APL



Diese Bilder vom Hubble-Weltraumteleskop der NASA wurden (von links nach rechts) 22 Minuten, 5 Stunden und 8,2 Stunden nach dem Einschlag von DART in Dimorphos aufgenommen. Sie zeigen Auswurfwolken aus dem Asteroidenkörper. Die Auswürfe erscheinen als Strahlen, die sich vom Asteroiden ausbreiten.

Credit: Science: NASA, ESA, Jian-Yang Li (PSI); image processing: Alyssa Pagan (STScI)

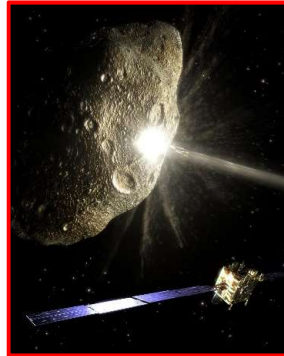


ESAs Beitrag: Hera (vgl. die Aufklärungsmission „Sancho“ aus dem Don Quijote-Konzept...)

Hera wird eine detaillierte Untersuchung von Dimorphos durchführen. Die Mission wird Daten liefern, wie die genaue Masse von Dimorphos, die für eine genaue Beurteilung der Effizienz der Kinetischen-Impaktor-Methode der Asteroidenabwehr notwendig sind.

Der ursprüngliche europäische Beitrag wurde im Dezember 2016 von der ESA gestrichen und dann im November 2019 als die Mission Hera wieder ins Leben gerufen. Daher wurde der Start auf 2024 verschoben.

Aktueller Zeitplan: Start 2024, Ankunft 2026.



Credit: ESA





The Impact Hazard - Do We Need to Worry?

Ein Paar Worte zu Wahrscheinlichkeiten:

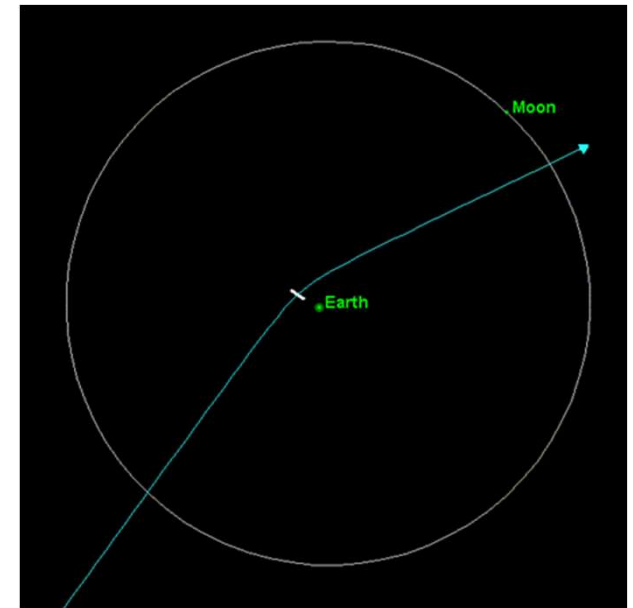
Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Asteroid mit Durchmesser 300 m an der Erde in einer Höhe von 30.000 km vorbei kommt:

innerhalb der nächsten 100 Jahre = 10%

innerhalb der nächsten 1000 Jahre = 60%

innerhalb der nächsten 10,000 Jahre = 99.99%

Also, wann wird es tatsächlich das nächste Mal passieren?





The Impact Hazard - Do We Need to Worry?

Ein Paar Worte zu Wahrscheinlichkeiten:

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Asteroid mit Durchmesser 300 m an der Erde in einer Höhe von 30.000 km vorbei kommt:

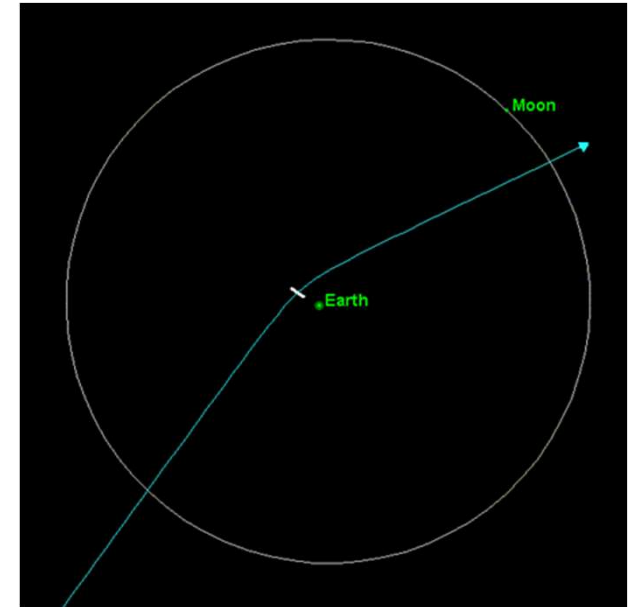
innerhalb der nächsten 100 Jahre = 10%

innerhalb der nächsten 1000 Jahre = 60%

innerhalb der nächsten 10,000 Jahre = 99.99%

Also, wann wird es tatsächlich das nächste Mal passieren?

→ **2029!!** – 99942 *Apophis*



Hopefully not...

THE END

