

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft in Bern  
**Band:** 81 (2024)

**Artikel:** Asteroidenabwehr : erfolgreicher Test mit der NASA DART-Sonde  
**Autor:** Jutzi, Martin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1062024>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Asteroidenabwehr: Erfolgreicher Test mit der NASA DART-Sonde

## Autor

Martin Jutzi

Die Erde wird regelmässig von Asteroiden getroffen. Das Zeitintervall und die Auswirkungen der Einschläge hängen von der Grösse der Objekte ab. Mit der NASA DART-Mission wurde zum ersten Mal ein Asteroid erfolgreich von seiner Bahn abgelenkt.

## Die Gefahr von Asteroiden-einschlägen

Vor 66 Millionen Jahren führte ein massiver Asteroideneinschlag wahrscheinlich zum Aussterben der Dinosaurier. Auch wenn derzeit kein bekannter Asteroid eine unmittelbare Bedrohung darstellt, könnte in Zukunft ein grosser Asteroid auf Kollisionskurs mit der Erde entdeckt werden. In einem solchen Fall wäre es notwendig, ihn von seiner Flugbahn abzulenken, um katastrophale Folgen zu verhindern. Wie oft kommen solche Einschläge vor und welche Auswirkungen haben sie?

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Erde von einem grösseren Asteroiden getroffen wird, ist zwar gering, aber dennoch nicht null. Das Einschlagsrisiko hängt von der Anzahl und Grösse erdnaher Objekte – sogenannte «Near Earth Objects» (NEOs) – ab. Dazu gehören Asteroiden, die sich nicht im Asteroidengürtel um die Sonne, sondern im Bereich der inneren Planeten bewegen. Gemäss neuesten Schätzungen (NESVORNY ET AL., 2024) gibt es  $830 \pm 60$  NEOs mit Durchmessern  $D > 1$  km und  $20\,000 \pm 2\,000$  NEOs mit  $D > 140$  m. Das durchschnittliche Intervall zwischen Einschlägen auf der Erde von NEOs mit  $D > 1$  km ist etwa 640 000 Jahre und das durchschnittliche Intervall zwi-

schen Einschlägen von NEOs mit  $D > 140$  m etwa 20 000 Jahre. Das heisst, je kleiner die Asteroiden, desto grösser ist deren Anzahl im erdnahen Raum und desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit eines Einschlags auf die Erde. Für ca. 25 m grosse Objekte ist das Intervall zwischen Einschlägen ca. 100 Jahre. *Tabelle 1* gibt einen groben Überblick über die Einschlagsstatistik und mögliche Auswirkungen der Einschläge.

Angesichts dieser potenziellen Bedrohung ist es wichtig, das Risiko von Asteroideneinschlägen zu verstehen und mögliche Massnahmen zu ergreifen, um die Erde zu schützen.

## Die NASA-Mission DART

Die NASA-Mission «Double Asteroid Redirection Test» (DART) war der weltweit erste vollumfängliche Test zur planetarischen Verteidigung gegen mögliche Asteroideneinschläge auf der Erde (<https://dart.jhuapl.edu>).

Am 26. September 2022 traf die DART-Raumsonde wie geplant mit hoher Geschwindigkeit auf den Asteroiden Dimorphos, um dessen Umlaufbahn um den Mutter-Asteroiden Didymos zu verändern (*Abbildung 1*). Die Mission – die erste ihrer Art – war ein grosser Erfolg und zeigte, dass eine Ablenkung von Asteroiden durch die

Methode «Kinetic Impact» möglich ist (DAILY ET AL., 2023; CHENG ET AL., 2023).

Numerische Simulationen des Einschlags von DART auf Dimorphos, durchgeführt an der Abteilung Weltraumforschung und Planetologie der Universität Bern, liefern wichtige Erkenntnisse darüber, wie Asteroiden auf solche Einschläge reagieren und wie effizient sie sich ablenken lassen (RADUCAN ET AL., 2024).

## Simulationen und Erkenntnisse

Die Beobachtung des DART-Einschlags und die numerischen Simulationen legen nahe, dass der Asteroid eine relative grosse Änderung seiner Bahn erfahren hat (Abbildung 1), was Rückschlüsse auf die Effizienz der Ablenkung zulässt. Die entscheidende Grösse ist der sogenannte «Momentum Enhancement Factor»  $\beta$ , ein Mass für den Impuls-

Grösse	Häufigkeit	Auswirkung	Anzahl der NEOs	% Entdeckt
4 Meter	~ 1 pro Jahr	Heller Blitz, keine Bodeneffekte, Bruchstücke -> Meteorite	~ 500 Millionen	< 0,1%
25 Meter	~ 1 pro 100 Jahre	Luftdetonation, kann über bewohntem Gebiet Schäden verursachen und zu Verletzungen führen	~ 5 Millionen	~ 0,5%
140 Meter	~ 1 pro 20 000 Jahre	Krater von ca. 1-2 Kilometer Durchmesser, regionale Zerstörung, grosse Anzahl Opfer	~ 20 000	~ 50%
1000 Meter	~ 1 pro 500 000 Jahre	Krater von ca. 10 Kilometer Durchmesser, globale Auswirkungen, möglicher Zivilisationskollaps	~ 1000	> 95%
10 000 Meter	~ 1 pro 100–200 Millionen Jahre	Krater von ca. 100 Kilometer Durchmesser, globale Katastrophe, Massensterben	~ 4	~ 100%

Tabelle 1: Die Gefahr von Asteroideneinschlägen in Zahlen.

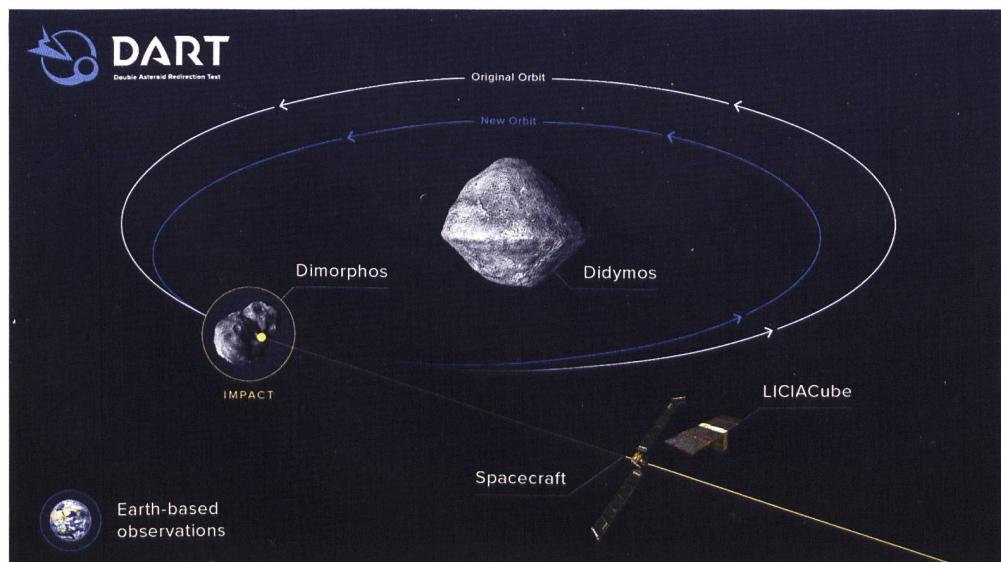


Abbildung 1: Das Konzept der NASA DART-Mission. Der Einschlag führt zu einer Änderung der Umlaufsperiode von Dimorphos um Didymos, welche mit Teleskopen von der Erde aus gemessen werden kann.

(NASA/Johns Hopkins APL)



Abbildung 2: Die Ablenkungseffizienz hängt davon ab, wieviel Material beim Einschlag ausgeworfen wird und zum Impulsübertrag beiträgt. Dieser wird charakterisiert durch den «Momentum Enhancement Factor»  $\beta$ . Je grösser  $\beta$ , desto grösser die Ablenkung.  
(NASA/Johns Hopkins APL)

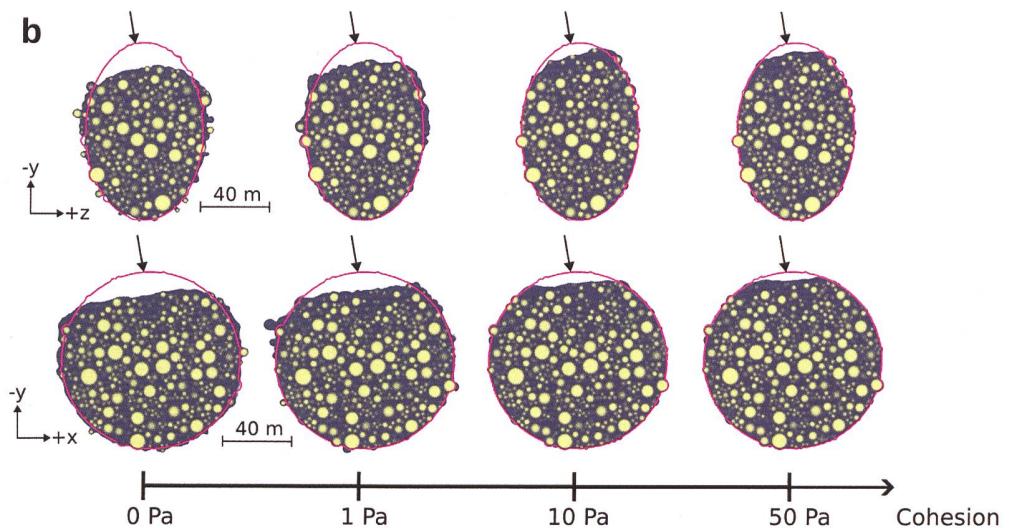


Abbildung 3: Resultate der numerischen Simulation des DART-Einschlags auf Asteroid Dimorphos für verschiedene Kohäsionskräfte (RADUCAN ET AL., 2024). Im Falle einer kleinen Kohäsion ( $< 10$  Pa) führt DART zu einer signifikanten Deformation von Dimorphos.

übertrag (Abbildung 2). Für den DART-Einschlag ist er im Bereich von  $\beta \sim 3.5$ , das heisst, der Impulsübertrag ist 3.5-mal so gross wie der Impuls vom Projektil (DART) selber. Die genaue Bestimmung von  $\beta$  ist momentan allerdings noch nicht möglich, da die Masse von Dimorphos noch nicht exakt bekannt ist. Dies wird erst mit den Messungen der ESA-Hera-Mission möglich sein.

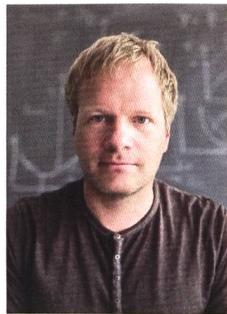
Die Einschlagssimulationen, die mit dem Softwaresystem Bern Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) durchgeführt wurden (JUTZI, 2015), zeigen, dass Dimorphos wahrscheinlich eher wie ein «Trümmerhaufen» reagierte, der nur durch seine schwache Schwerkraft zusammengehalten wird. Ein Einschlag in eine solche Struktur kann zu einer grossen Menge von ausgeworfenem Material und entsprechend hohem Impulsübertrag (d.h., grosses  $\beta$ ) führen. Die Simulationen deuten auch darauf hin, dass DART nicht einen einfachen Krater erzeugt hat, sondern dass Dimorphos durch den Einschlag möglicherweise umgeformt wurde (Abbildung 3).

Die Beobachtungen des DART-Einschlags und die numerischen Simulationen liefern wertvolle Erkenntnisse, wie die Erde vor Asteroideneinschlägen geschützt werden kann. Durch das Verständnis, dass Asteroiden wie Dimorphos eher aus locker verbundenen Trümmern bestehen, können effektivere Methoden zur Ablenkung von potenziell gefährlichen Objekten entwickelt werden.

Im Oktober 2024 wird die ESA im Rahmen der Weltraummission Hera eine Raumsonde zu Dimorphos schicken (<https://www.heramission.space>). Ziel ist es, die Folgen des Einschlags der DART-Sonde zu untersuchen. Die Messungen werden dann auch erlauben, die Masse von Dimorphos und basierend darauf die genaue Ablenkungseffizienz (d.h.,  $\beta$ ) des DART-Einschlags zu bestimmen.

## Literatur

- CHENG, A.F. and 68 colleagues (2023). Momentum transfer from the DART mission kinetic impact on asteroid Dimorphos. *Nature* 616, 457–460 (<https://www.nature.com/articles/s41586-023-05878-z>).
- DALY, R.T. and 100 colleagues (2023). Successful kinetic impact into an asteroid for planetary defence. *Nature* 616, 443–447 (<https://www.nature.com/articles/s41586-023-05810-5>).
- JUTZI, M. (2015). SPH calculations of asteroid disruptions: The role of pressure dependent failure models. *Planetary and Space Science* 107, 3–9 (<https://doi.org/10.1016/j.pss.2014.09.012>).
- NEVORNY ET AL (2024). NEOMOD 3: The debiased size distribution of Near Earth Objects. *Icarus* 417, 116110 (<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2024.116110>).
- RADUCAN, S.D. and 41 colleagues (2024). Physical properties of asteroid Dimorphos as derived from the DART impact. *Nature Astronomy* (<https://www.nature.com/articles/s41550-024-02200-3>).



**Martin Jutzi**

ist Dozent am Physikalischen Institut der Universität Bern. An der Abteilung für Weltraumforschung und Planetologie untersucht er die Entstehung und Entwicklung von Asteroiden, Kometen, Monden und Planeten. Mit Hilfe von numerischen Simulationen studieren er und seine Forschungsgruppe insbesondere die Auswirkungen von Kollision zwischen Himmelskörpern. Er ist involviert in zahlreichen Weltraummissionen (u.a. NASA DART-Mission, ESA Hera-Mission, JAXA MMX-Mission, NASA Psyche-Mission).

Kontakt: [martin.jutzi@unibe.ch](mailto:martin.jutzi@unibe.ch)