

Wenn sie uns zu nahe kommen

Der Einschlag eines großen Asteroiden oder Kometen auf der Erde ist sehr unwahrscheinlich. Aber sollte ein solches Unglück einmal geschehen, könnte dadurch die schlimmste Katastrophe ausgelöst werden, die unsere Zivilisation je erlebt hat. Um es noch einmal ganz deutlich zu sagen: Wir sprechen hier von einem wirklich sehr kleinen Risiko –, aber es ist mit verheerenden Folgen verbunden! Dieses Risiko zu ignorieren, ist gesellschaftlich, politisch und ja, auch ökonomisch sehr gefährlich: Es ist ein Thema, bei dem absolut „weltbürgerliches“ Denken und Handeln gefragt ist, denn im Falle eines Falles sind tatsächlich alle Menschen betroffen. Aus dieser Überlegung ist das Projekt NEOShield entstanden, bei dem unter Führung des DLR zum ersten Mal systematisch die Abwehr von kleinen Körpern untersucht wird, über einen „Schild“ gegen Asteroiden nachgedacht wird, kosmischen Körpern, die mit der Erde kollidieren und unsere Existenz gefährden könnten.

NEOShield: internationale Asteroidenabwehr mit System

Von Prof. Dr. Alan Harris

Die Europäische Kommission hat sich 2011 entschieden, im Rahmen ihres Siebten Rahmenprogramms für Forschung und Technologische Entwicklung (2007-2013) eine internationale Gruppe von Wissenschaftlern und Ingenieuren zusammenzubringen, um Methoden der Asteroidenabwehr zu untersuchen. Darüber hinaus sollen Weltraummissionen entworfen werden, bei denen sich die Wirksamkeit der Abwehrmethoden testen lässt. Den Zuschlag und die damit verbundene Finanzierung von 5,8 Millionen Euro erhielt ein Konsortium von 13 Partnern unter DLR-Federführung, der Startschuss für das auf dreieinhalb Jahre ausgelegte NEOShield-Projekt fiel im Januar 2012.

Von einem „erdnahen Objekt“ (auf Englisch: near-Earth object oder NEO) wird dann gesprochen, wenn ein Asteroid oder ein Komet auf seiner elliptischen Bahn um die Sonne der Erde näher als 50 Millionen Kilometer kommen kann. Zum Vergleich: Der Mond umkreist die Erde in einer Distanz von knapp 400.000 Kilometern, und wenn der Mars der Erde gegenüber steht, ist er etwa 60 Millionen Kilometer von der Erde entfernt. NEOs sind also Objekte, die der Erde theoretisch Gefahr bringen können. Bis jetzt gibt es etwa 9.000 bekannte NEOs, von einigen Metern bis hin zu 40 Kilometern Durchmesser.

Der Einschlag eines Objekts mit einem Durchmesser von nur einem Kilometer auf der Erde könnte aber globale Auswirkungen haben. Grund dafür ist die enorm hohe Geschwindigkeit von mehreren zehntausend Kilometern pro Stunde, mit der ein solches Objekt in die Erdatmosphäre eindringen würde. Immerhin etwas beruhigend ist, dass wir dank einiger hauptsächlich amerikanischer Sternwarten, die den Nachthimmel ständig nach NEOs abschnappen, fast alle Objekte von mehr als einem Kilometer Durchmesser kennen. Das DLR ist mit EARN, dem European Asteroid Research Node, an der Katalogisierung der Asteroidenpopulation im Sonnensystem beteiligt. Auch daraus geht hervor: Wir kennen kein near-Earth object dieser Größenklasse, das unsere Zivilisation in den nächsten hundert Jahren bedrohen kann.

Als vor hundert Jahren Sibirien erbebt ...

Wie gefährlich aber können die kleineren NEOs sein? Es gibt schätzungsweise eine Million Objekte mit Durchmessern zwischen 30 und 50 Metern, davon ist bisher aber nur ein Bruchteil entdeckt worden. Ein Objekt dieser Größenklasse ist vermutlich für das Tunguska-Ereignis verantwortlich, bei dem im Jahre 1908 in Sibirien mehr als 80 Millionen Bäume auf einer Fläche von 2.000 Quadratkilometern – etwa die doppelte Fläche Berlins – wie Streichhölzer umgeknickt wurden. Es handelte sich wahrscheinlich um ein Objekt, das mit einer Geschwindigkeit von 50.000 Kilometern pro Stunde in die Atmosphäre eindrang und durch die entstandenen Kräfte beim sekundenschnellen „Zusammenschieben“ der Atmosphäre mit der Wucht von zehn Megatonnen TNT in einer Höhe von fünf bis zehn Kilometern zerbarst: Die davon ausgehende Druckwelle verursachte die enormen Verwüstungen. Auch gilt es zu bedenken, dass statistisch betrachtet zwei Drittel aller Einschläge in die Ozeane erfolgen, und dort können sie verheerende Tsunamis auslösen. Ein Beispiel des zerstörerischen Effekts eines kleinen NEOs ist der Barringer-Krater in Arizona, auch als ‚Meteor Crater‘ bekannt. Aufgrund seiner Lage in einer trockenen Wüste ist der 50.000 Jahre alte Krater bis heute gut erhalten (je nach geografischer Lage können Einschlagskrater wegen Witterung, Vegetation, und geologischer Aktivität relativ schnell unerkennbar werden). Da in der Gegend des Kraters metallische Meteoriten gefunden wurden, können wir davon ausgehen, dass der 1.200 Meter große und 180 Meter tiefe Krater durch den Einschlag eines massiven metallischen Objekts verursacht wurde. Der Durchmesser des Impaktors wurde auf lediglich 30 bis 50 Meter geschätzt.



Alan Harris und Line Drube, Postdoc im DLR-Institut für Planetenforschung, diskutieren die Physik von NEO-Abwehrmethoden

Ein Asteroid nähert sich der Erde. Das Projekt NEOShield zielt darauf ab, eine bedrohliche Situation zu verhindern.

Bildkomponenten: NASA/JMAPL und NASA



Bild: Don Davis/Southwest Research Institute

Künstlerische Darstellung eines Asteroideneinschlags auf der Erde



Bild: Stefan Seip

Ein NEO mit einem Durchmesser von nur 30 mal 50 Metern hat vor etwa 50.000 Jahren den Barringer-Krater in Arizona verursacht



Bild: Dan Durda/B62.1 Foundation and IAAA

Künstlerische Darstellung eines Gravity-Tractors mit einem Asteroiden im Schlepptau

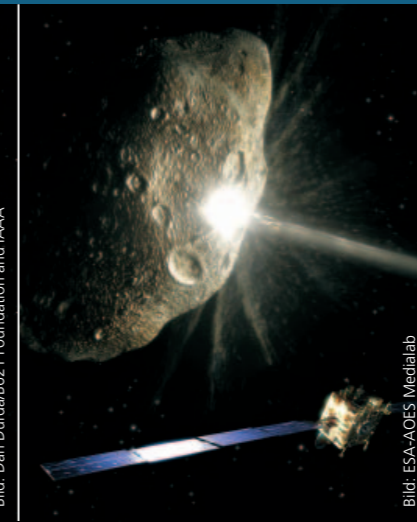


Bild: ESA-AOES Medialab

Künstlerische Darstellung des Einschlags eines kinetischen Impaktors, beobachtet von einer Erkundungssonde



Bild: NASA/JPL-Caltech/UMD

Ein nuklearer Sprengsatz wird nur als letzte Möglichkeit zur Verhinderung einer Kollision erwogen

Kandidaten, die der Erde nahe kommen

Was damals in Arizona passierte, ist allein schon recht beeindruckend. Laut statistischen Schätzungen müsste ein Objekt mit einem Durchmesser von 30 Metern durchaus alle paar hundert Jahre auf der Erde einschlagen. Da die heutigen NEO-Suchprogramme nur eine verhältnismäßig geringe Zahl dieser relativ kleinen Objekte finden, könnte theoretisch ein verheerender Einschlag ohne Vorwarnung passieren. Allerdings befinden sich schon einige leistungsfähige NEO-Suchprogramme in der Entwicklung, sodass erwartet werden darf, dass bald viel mehr von den bedrohlichen kleinen NEOs Jahre oder gar Jahrzehnte vor einem möglichen Einschlag entdeckt werden.

Zwei NEOs, die der Erde in nächster Zeit doch relativ gefährlich nah kommen werden, seien hier erwähnt: Apophis und 2011 AG5. Apophis, mit einem Durchmesser von etwa 270 Metern, wird im April 2029 mit einer Geschwindigkeit von sechs Kilometern pro Sekunde in einer Entfernung von nur 30.000 Kilometern zur Erdoberfläche an uns vorbeirasen. Mehr noch: Wegen seiner erdähnlichen Umlaufbahn wird Apophis auf vorhersehbare Zeit ein für die Erde gefährliches Objekt bleiben. Bei 2011 AG5, mit einem Durchmesser von etwa 150 Metern, gibt es sogar eine geringe Wahrscheinlichkeit von eins zu 500, dass der Körper mit einer relativen Geschwindigkeit von etwa 15 Kilometern pro Sekunde im Jahr 2040 auf der Erde einschlagen könnte.

Entscheidend ist die Vorwarnzeit

Können wir uns gegen einen Asteroiden-Einschlag wehren? Die heutige Raumfahrttechnologie bietet einige vielversprechende Methoden an – vorausgesetzt, die Suchprogramme gewähren uns eine Vorwarnzeit von zehn bis zwanzig Jahren, und das bedrohliche Objekt ist nicht viel größer als ein Kilometer. Die Partner des NEOShield-Projekts befassen sich mit verschiedenen Aspekten des Problems, von der astronomischen Erkundung der physikalischen Eigenschaften der NEOs bis hin zur Entwicklung von Raumfahrttechnologien, beispielsweise Steuerungs- und Navigationssysteme, die für eine Abwehrmission notwendig sind. Hinzu kommen aber auch Laboruntersuchungen der Materialeigenschaften von Mineralien, aus denen Asteroiden zusammengesetzt sind, sowie Modellrechnungen zur inneren Struktur von Asteroiden und die Identifizierung von NEOs, die geeignet

sind, als Zielobjekte für Abwehr-Testmissionen zu dienen. Letztendlich werden die NEOShield-Partner zunächst eine allgemeine Strategie der Asteroidenabwehr untersuchen – von der Identifizierung eines bedrohlichen Objekts über die Kette von Entscheidungen, die getroffen werden müssen, um festzustellen, welche Erkundungsbeobachtungen und -missionen notwendig sind, bis hin zu der Frage, wann und was für eine Abwehrmission gestartet werden soll.

In erster Linie werden drei Abwehrmethoden im Detail untersucht. Da ist zunächst der sogenannte kinetische Impaktor: Eine mit relativ hoher Geschwindigkeit auf dem Asteroiden einschlagende Sonde erzeugt eine kleine, aber ausreichende Änderung seiner Bahn. Diese Methode ist mit heutiger Technologie für Objekte mit Durchmessern von bis zu etwa einem Kilometer durchaus in Erwägung zu ziehen. Allerdings sind noch viele offene Fragen zu klären. Welche Auswirkungen würden die innere Struktur, die Porosität des Asteroiden, seine Rotation und andere physikalische Faktoren auf das Ergebnis haben? Wie muss die Steuerung des Impaktors ausgelegt sein, damit er sein Ziel sicher und im richtigen Winkel trifft? Dabei muss beispielsweise auch der Effekt berücksichtigt werden, den die Bewegungen des Treibstoffs in der Raumsonde in der kritischen Phase der Navigation kurz vor dem Einschlag haben.

Ein zweiter Weg wird mit dem Ausdruck „Schwerkraft-Traktor“, dem „Gravity-Tractor“, umschrieben: Wird ein Asteroid, der Kurs auf die Erde nimmt, bereits Jahre, oder besser Jahrzehnte vor einer möglichen Kollision entdeckt, kommt diese Methode in Frage, die sich die Anziehungskraft einer Raumsonde zunutze macht: Lenkt man eine Raumsonde in die direkte Nähe eines gefährlichen NEOs, könnte sich die geringe, aber signifikante Anziehungskraft zwischen der Sonde und dem Asteroiden wie ein Seil auswirken. Beispielsweise könnte die Sonde mittels eines solar-elektrischen Antriebs sich selbst und den Asteroiden beschleunigen, bis eine ausreichende Änderung der Geschwindigkeit des Systems erreicht würde. Mit adäquater Vorwarnzeit würden schon Änderungen von einigen Zentimetern pro Sekunde oder weniger ausreichend sein, um einen katastrophalen Einschlag auf der Erde abzuwenden.

Obwohl diese Methode weniger leistungsstark ist, hat sie einen großen Vorteil: Die Oberfläche des NEOs bleibt unberührt und es werden keinerlei Informationen oder Annahmen

über die innere Struktur und Eigenschaften des Objekts benötigt. Es könnte auch sein, dass die beste Lösung eine Kombination dieser beiden beschriebenen Methoden wäre, wenn also zum Beispiel nach dem Einschlag eines kinetischen Impaktors auch noch ein Gravity-Tractor eingesetzt wird, um kleine Kurskorrekturen für eine neue Bahn des NEOs zu bewirken. So könnten zukünftige, gefährliche Annäherungen des NEOs an die Erde vermieden werden. Das Projekt NEOShield soll zeigen, wie realistisch diese Idee ist und unter welchen Umständen ein Gravity-Tractor einsetzbar wäre.

Als dritte Möglichkeit könnte eine nukleare Explosion in Erwägung gezogen werden. Wenn nämlich die Zeit drängen würde oder das Objekt unerwartet groß wäre, dann würden die beiden anderen Methoden möglicherweise nicht ausreichen. Die größte Kraft, die man einsetzen könnte, um den Asteroiden abzulenken, wären eine oder mehrere nukleare Explosionen. Obwohl diese Möglichkeit sehr kontrovers gesehen wird, könnte ein nuklearer Sprengsatz unsere letzte Hoffnung sein. Aber welche Auswirkung hätte eine Explosion in unmittelbarer Nähe eines Asteroiden oder auf seiner Oberfläche im luftleeren Weltraum? Im Projekt NEOShield wird diese Methode im Detail studiert und es wird Aufschluss über die Umstände geben, die ihren Einsatz notwendig machen könnten. Allerdings nur mit Modellen im Computer, Testmissionen mit nuklearen Sprengsätzen sind nicht geplant!

Asteroiden-Abwehr als globale Aufgabe

Da ein NEO überall auf der Welt einschlagen kann – es gibt keine von den Asteroiden bevorzugten Regionen der Erde –, sollen möglichst viele Nationen an der Forschung von Abwehrmethoden und Strategien beteiligt sein. Im NEOShield-Projekt arbeiten sechs Länder zusammen, neben Deutschland, Großbritannien, Frankreich und Spanien auch Russland und die USA. Außer den oben genannten Zielen soll NEOShield Verknüpfungen zu verwandten internationalen Projekten und Initiativen aufbauen, um gemeinsame Ziele zu formulieren. Diesbezüglich hat das NEOShield-Projekt schon enge Kontakte zum Near-Earth-Object-Segment des Space-Situational-Awareness-Programms der ESA und zum „Action Team 14 on NEOs“ des Komitees für die friedvolle Nutzung des Weltraums (COPUOS) der Vereinten Nationen. Auch mit nationalen Weltraumorganisationen wird zusammengearbeitet.

Obwohl für die Test-Missionen zur NEO-Abwehr, ganz zu schweigen von einer internationalen Vereinbarung zum Durchführen einer Abwehraktion, viel größere Investitionen und Ressourcen notwendig sein werden, ist das EU-finanzierte NEOShield-Projekt ein wichtiger Schritt. Es bietet eine ausgezeichnete Gelegenheit, zu demonstrieren, wie Asteroiden zukünftig erfolgreich abgewehrt werden könnten. Denn wie sagten schon die Gallier: „Möge uns der Himmel nicht auf den Kopf fallen!“ ●

Weitere Informationen:

www.DLR.de/PF

Partner im NEOShield-Konsortium

- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- Observatoire de Paris, Frankreich
- Centre National de la Recherche Scientifique, Frankreich
- The Open University, Großbritannien
- Fraunhofer Ernst-Mach-Institut, Deutschland
- Queen's University Belfast, Großbritannien
- Astrium GmbH, Deutschland
- Astrium Limited, Großbritannien
- Astrium S.A.S., Frankreich
- Deimos Space, Spanien
- SETI Institute Corporation Carl Sagan Center, USA
- TsNIIMash, Russische Föderation
- University of Surrey, Großbritannien

Autor:

Alan Harris ist Senior Scientist am DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin-Adlershof und Honorarprofessor für Astrophysik in der School of Mathematics and Physics der Queen's University in Belfast. Für das Projekt NEOShield hat er die Federführung.