

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 56 (1998)
Heft: 289

Artikel: Wahrscheinlichkeit und Auswirkungen eines Einschlags eines Asteroiden auf der Erde : aus dem online Lexikon der Astronomie von www.astroinfo.org
Autor: Brodbeck, roland
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897530>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.12.2024

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

Wahrscheinlichkeit und Auswirkungen eines Einschlags eines Asteroiden auf der Erde

Aus dem online Lexikon der Astronomie von www.astroinfo.org

ROLAND BRODBECK

Eines ist gewiß: Irgendwo in den Weiten des Sonnensystem ziehen große Fels- und Eisenbrocken eine Bahn, auf der sie eines Tages mit der Erde zusammenstoßen werden. Die folgenden Szenarien basieren auf Erfahrungen mit tatsächlich geschehenen Einschlägen. Es wird nicht nur ein die Menschheit in arge Schwierigkeiten bringendes Großereignis beschrieben, sondern auch überlegt, was passieren könnte, wenn ein kleinerer Steinasteroid über der Schweiz explodieren würde, wie es 1908 in Sibirien tatsächlich geschah. Die beschriebenen Szenarien sind besonders heimtückisch, da der Asteroid von der Sonne her kommt und deshalb sehr wahrscheinlich bis vor dem Aufschlag unentdeckt bleibt, wenn seine Bahn nicht schon seit Jahren bekannt ist.

Ein Endzeit-Szenario

Selbst aus einer kataklysmischen Kollision im Planetoidengürtel hervorgegangen, kreist das 2 x 3 km große Stück Eisen durch den Planetoidengürtel, seit auf dem blauen Planeten die Dinosaurier lebten. Subtile Störungen durch Jupiter ließen seine Exzentrizität steigen. Weitere relativ nahe Begegnungen mit den Planeten und langfristig wirkende Störungen brachten ihn auf eine Bahn, die ihn in 4.4 Jahren einmal von knapp innerhalb der Jupiterbahn bis zur Venusbahn und wieder zurück bringt. Er gehört nun in die Klasse der Apollo-Asteroiden, benannt nach dem größten den Menschen bekannten Vertreter von Asteroiden auf solch einer Bahn. In den letzten 1000 Jahren kam unser hypothetischer Eisenasteroid der Erde nie näher als 9.6 Mio. km, für ein Erdbahnkreuzer kein besonders spektakulärer Wert. Auch seine letzte nahe Begegnung mit der Erde war mit 13.5 Mio. km nahe, aber nicht ungewöhnlich nahe. Seine scheinbare Helligkeit am Sternenhimmel hätte damals für paar Tage gereicht, um von Amateurastronomen entdeckt zu werden, doch niemand schaute in seine Richtung.

Mittlerweile haben Bahnstörungen seinen absteigenden Knoten (einer der beiden Durchstoßpunkte durch die Erdbahnebene) fast punktgenau auf die Erdbahn geschoben, er ist zur gigantischen Zeitbombe geworden. Eine Kollision ist nun himmelsmechanisch gesehen möglich. Immer noch ohne Eintrag im Verzeichnis der Asteroiden der Menschen rast er zum letzten Mal nach 150 Mio. Jahren Odyssee durch das Perihel seiner Bahn. In den noch verbleibenden

paar Wochen der Annäherung an die Erde steht er für die Beobachtung sehr ungünstig in der Abenddämmerung. Es ist sehr unwahrscheinlich, daß ihn ein Kometen- oder Asteroidenjäger ausgerechnet jetzt entdeckt. 5 Stunden 30 Minuten vor dem Einschlag ist der Eisenasteroid etwa in Mondentfernung und kommt mit 19.6 km/s näher. 30 Minuten vor der Apokalypse ist er bis auf die Distanz der geostationären Satelliten an die Erde herangerückt. Von bloßem Auge wäre er jetzt am Nachthimmel als heller Stern zu sehen, doch da er von der Tagseite näher kommt und die Erde ihn von hinten auf ihrer Bahn einholt, ist er nur dort, wo gerade Abenddämmerung ist, zu sehen. Doch werden die meisten Menschen die Sichtung des Asteroiden als horizontnahes Flugzeug deuten. Diese Fehldeutung spielt eigentlich keine Rolle, denn es würde bestimmt länger als die verbleibenden 30 Minuten dauern, bis der Asteroid als solcher offiziell bestätigt würde. Aus einer Entfernung von 3000 km oder 3 Minuten vor dem

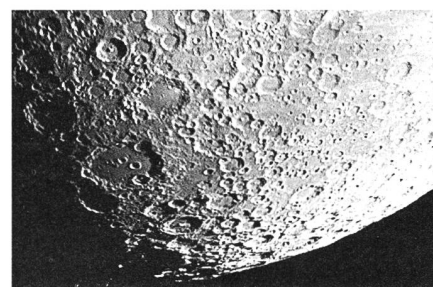
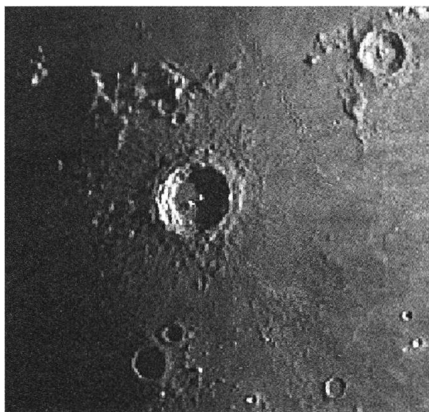


Fig. 1: Die Oberfläche des Mondes ist von zahllosen Einschlagskratern bedeckt. Die Erde wurde nicht verschont. Geologische Prozesse haben jedoch die meisten irdischen Einschlagskrater wieder eingeebnet. CCD-Aufnahme von R. BRODBECK.

Einschlag erreicht der scheinbare Durchmesser 5 Bogenminuten, und er würde auch am Taghimmel bei klarem Wetter gut sichtbar sein. Seine rasche Bewegung würde ihn auffallen lassen. Vielleicht ist das auch der Zeitpunkt, zu dem er für einige Radarstationen als UFO auf dem Schirm erscheint. Mittlerweile ist seine Geschwindigkeit auf 21,5 km/s angewachsen, denn die Erdranziehung hat ihn ein bißchen schneller werden lassen. Erst in der Höhe, in der das Space Shuttle üblicherweise um die Erde kreist, erscheint der Asteroid so groß wie der Mond. Noch zwanzig Sekunden. Während der letzten 5-10 Sekunden durchstößt der Eisenasteroid mit 22.5 km/s oder 81 000 km/h die Atmosphäre. Der hell wie die Sonne leuchtende Kanal, den der Asteroid durch die Atmosphäre pflügt, läßt kein Zweifel mehr an dem, was gerade geschieht. Durch seine Größe wird der Asteroid weder von der Luft noch vom Wasser wesentlich gebremst. Erst massiver Fels setzt seiner Bahn ein jähes Ende.

Unser Asteroid hat 400 Mia. Tonnen Gewicht, seine kinetische Energie berechnet sich nach $0.5 \times \text{Masse} \times \text{Geschwindigkeit}^2$ und beträgt 100 Trilliarden Joule, gleich etwa 25 Teratonnen TNT, die man sich als eine Kugel von 30 km Durchmesser aus purem Sprengstoff vorstellen kann. Natürlich soll auch die Umrechnung in Anzahl zu zündender Atombomben nicht fehlen. Man berechnet mehr als eine Milliarde Bomben vom Hiroshimatype oder 1-2 Million Wasserstoffbomben. Die NASA (NASA International Near-Earth-Object Detection Workshop, 1992) gibt als zu erwartende Todesfälle

Fig. 2: Mondkrater Copernikus mit 90 km Durchmesser entstand bei einem vergleichbaren Ereignis. Ausschnitt aus einer CCD-Aufnahme von R. BRODBECK.

für solche Ereignisse oberhalb 10 Teratonnen TNT auf jeden Fall über eine Milliarde bei besonders ungünstigen Verhältnissen möglicherweise nahezu die gesamte Menschheit an.

Nachdem die Erdbeben abgeklungen und die Hitze und Druckwellen sich verlaufen haben, werden für viele Monate vielleicht sogar für Jahre Staubwolken und Aerosolwolken die Stratosphäre verhüllen. Dadurch tritt das Phänomen des nuklearen Winters auf, was zu tiefgreifenden Schäden der Vegetation, auch in den von der direkten Wirkung des Zusammenstosses mehr oder weniger verschonten Gebieten, führt. Je nach Ort des Einschlags muß auch mit einer radioaktiven Verstrahlung gerechnet werden, die von zerstörten Kernkraftwerken, Endlagern und Nuklearwaffen herrührt, so daß der Film «Der Tag danach» durchaus auch als Beschreibung des Tages nach dem Einschlag dienen kann.

Ein Tunguska-Ereignis

Solche Szenarien wie eben beschrieben nimmt man mit einem Schaudern zur Kenntnis, aber da so etwas nur alle paar Millionen Jahre geschieht, ist es doch ein eher akademisches Gedankenspiel, oder doch nicht? Modifizieren wir unser Ereignis! Der Asteroid soll nun eine Kartoffel aus Stein von 50 x 100 m Größe sein. Seine Umlaufbahn lassen wir wie gehabt. Wiederum ohne echte Vorwarnung dringt unsere Steinkartoffel mit über 81 000 km pro Stunde oder 70 facher Schallgeschwindigkeit in den Luftraum über der Schweiz ein. Etwa in der Höhe der Düsenflugzeuge (8 bis 10 km) über dem Autobahnkreuz N1, N3 bei Baden explodiert unsere Kartoffel wie eine Wasserstoffbombe von 50 Millionen Tonnen TNT Sprengkraft. 50 Millionen Tonnen TNT entsprechen einer Kugel von knapp 400 m Durchmesser aus purem Sprengstoff. Eine Druckwelle breitet sich aus und walzt im Umkreis von 25 km alles nieder, was ihr in den Weg kommt.

Von Deutschland und der Westschweiz her einfliegende Rettung erwartet das Grauen eines Atombombenangriffs: In Basel fehlen bei vielen Gebäuden die Fenster, doch steht das meiste noch. Rhein aufwärts wird es aber rasch schlimmer. Die erste dunkle Rauchsäule steigt von Reinfeldern auf. Ein vollgetanktes Verkehrsflugzeug ist offenbar mitten in die Stadt gestürzt. Waldshut steht in Flammen, vom Kernkraftwerk steht nur noch das Reaktorgebäude, möglicherweise ist es nicht mehr dicht. Südlich des Rheins sind die Bäume der Wälder ausnahmslos alle radial vom Zentrum weg nach außen ge-

knickt. Gegen Zürich fliegend sieht man, daß um Aare und Limmat so gut wie kein Stein auf dem anderen blieb. Vom internationalen Flughafen Zürich-Kloten steigt die markanteste der vielen Flammensäulen empor. Alle Tanks der Tankanlagen bei Rümlang sind geplatzt, brennende Treibstoffe wurden im weiten Umkreis Richtung Flughafen verschüttet. Die Liste der mit dem Asteroideneinschlag verbundenen Einzelkatastrophen ließe sich noch lange weiterführen.

Der Bereich der Zerstörung hat etwa einen Radius von 25 km, das entspricht für eine Explosion über dem Autobahndreieck N1, N3 etwa dem Gebiet zwischen Waldshut, Aarau und Zürich. Im betroffenen Gebiet leben weit über eine Million Menschen, und es dürfte wohl klar sein, das ein erheblicher Teil davon die ohne Vorwarnung eingetretene Katastrophe nicht überleben würde. Das brisante an diesem Szenario ist nun, daß dies nicht etwa alle 10 Millionen Jahre eintritt, sondern 4 mal pro Jahrtausend, das letzte mal 1908 in Sibirien. Mit der wachsenden Bevölkerungsdichte der Erde wird es wahrscheinlicher, daß der nächste Treffer morgen oder erst im übernächsten Jahrhundert nicht so wie in Sibirien, sondern wie oben beschrieben verläuft! Ist es verantwortbar, kein Frühwarnsystem zu haben und nur zu hoffen, daß der nächste Steinasteroid über dem Südpazifik explodiert?

Ein Entdeckungsszenario

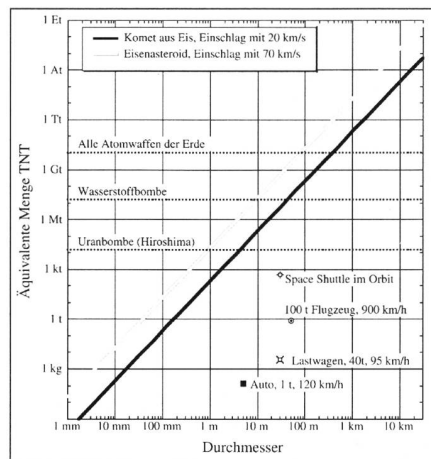
In den in Hollywood produzierten Filmen über Asteroiden- oder Kometeneinschläge braucht ein Experte nur ein Blick auf ein Foto eines Kometen zu werfen, um zu wissen, daß er einschla-

gen wird. Natürlich ist der eigentliche Entdecker immer ein begeisterter Jungastronom. Wie würde aber eine Entdeckung durch einen tapferen Jungastronomen nun tatsächlich verlaufen? Zunächst brauchen wir einen einschlagenden Asteroiden, den Peter Müller, so wollen wir unseren Helden nennen, dann entdecken kann. Durch etwas langwieriges Probieren am Computer erhalten wir fiktive Bahnelemente eines Erdbahnkreuzers, die zu einem Einschlag führen. Die Entdeckung soll zwei Jahre vor der unheilvollen Begegnung erfolgen.

Richten wir für Peter Müller eine Sternwarte ein. Seine Sternwarte auf der Sternealp habe ein 40 cm Cassegrain Teleskop zusammen mit einer ST8 CCD-Kamera. In einer klaren Nacht macht nun Peter Müller 3 Sternfeldaufnahmen von der richtigen Himmelsgegend im Abstand von 1.5 Stunden. Der von uns in Computer erzeugte 2 km große Asteroid ist zwei Jahre vor dem Einschlag ein Sternchen 18. Größenklasse, das sich durch die Positionsänderung von Aufnahme zu Aufnahme verrät. Auf der Aufnahme kann Peter Müller die drei Positionen etwa auf eine Bogensekunde genau vermessen. Nach Gauß reichen drei Positionsbestimmungen, um die Bahn im Sonnensystem zu bestimmen. Wenn man dieses Verfahren auf die drei von Peter Müller gemachten Aufnahmen anwendet, ist das Resultat enttäuschend. Die Bahnelemente kommen völlig falsch raus. Sie sind nur zum Auffinden des Asteroiden in der nächsten Nacht geeignet. Ein ernüchterndes Resultat, das eine Einschlagsbestätigung schon in der Entdeckungsnacht in das Reich der Astronomiemärchen verbannt. Nach vier Tagen, wovon drei Nächte klar waren, hat Peter Müller weitere Messungen gemacht. Die mit dem Gaußverfahren daraus berechneten Bahnelemente beginnen nun dem zu gleichen, was wir dem Computer eingegeben haben, doch auch jetzt kommt der Asteroid nicht einmal in die Nähe der Erde.

Bei der IAU, wo Peter Müller seine Entdeckung nun meldet, reagiert man nur mit gelassener Routine. Er solle in den kommenden Wochen weitere Aufnahmen machen, sagt man dort. Nach einem Monat sind die Daten so gut, daß eine Begegnung der Erde innerhalb 10 Mio km vorhergesagt werden kann, die Wahrscheinlichkeit eines Einschlags kann nun mit etwa 1:2 Million angegeben werden. Erst einen weiteren Monat später sind die Bahnelemente von Peter Müller so gut, daß ein Vorbeiflug innerhalb 1 Mio km vorhergesagt werden kann, was nun die Aufmerksamkeit der

Fig. 3: Kinetische Energie eines aus dem Weltraum einfallenden Körpers in die entsprechende Menge des Sprengstoffes TNT (4000 kJ pro kg) umgerechnet.



Fachwelt auf sich ziehen dürfte, weniger, daß man mit einem Einschlag rechnet (Wahrscheinlichkeit weniger als 1:20 000), eher weil ein naher Vorbeiflug eines Asteroiden z.B. die Möglichkeit einer Radarabtastung bietet. Doch auch eine einzelne Messung eines großen Observatoriums auf 0.1 Bogensekunden genau verbessert die Bahnelemente nicht sofort entscheidend, es wird wahrscheinlich ein weiterer Monat vergehen, bis ernsthaft an einen Einschlag gedacht werden kann.

Fazit: Die Erde ist im Vergleich zu der Größe des Sonnensystems so winzig, daß die Bahn eines Körpers extrem präzise vermessen werden muß, um einen Einschlag Jahre im voraus prognostizieren zu können. Diese Genauigkeit kann erst nach wochen- bis monatelangem Beobachten erreicht werden.

Wahrscheinlichkeiten

Wenden wir uns zuerst den Asteroiden, also Körpern aus Fels oder Metall zu. Für die meisten Erdbahnkreuzer, d.h. Asteroiden, die der Sonne so nahe kommen, daß sie überhaupt in die Nähe der Erde gelangen, wurde in jüngerer Zeit abgeschätzt: ein paar hundert sind bekannt, die Anzahl der Körper mit Durchmesser von vielen hundert Metern bis größer als 1 km wird mindestens 2000 betragen. Körper von dieser Größe können große Katastrophen verursachen. Wir wollen nun die Chance eines Treffers abschätzen. Die 2000 Erdbahnkreuzer der viele 100 m bis 1 km Klasse, die z.B. den Einschlag in Nordlingen, Deutschland, vor 15 Mio. Jahren verursachten, führen in Erdbahnnähe zu einer Asteroidendichte von etwa 100 pro Kubik AE. Die mittlere freie Weglänge der Erde beträgt dann nach den Gesetzen der Physik etwa 600 000 AE. Diese Strecke legt die Erde in 100 000 Jahren zurück, was mit der komplizierteren NASA-Schätzung von einem Einschlag alle 200 000 Jahre verträglich ist. Wie steht es mit den Kometen? Zur Zeit werden jährlich zwei, drei Dutzend entdeckt, die der Sonne näher als 2 AE kommen, wenn wir annehmen, daß tatsächlich etwa 100 pro Jahr diesen Bereich durchqueren, die größer als ein Kilometer sind, so ergäbe sich ein Kometentreffer alle 20 Mio. Jahre. Das ist nur eine Abschätzung der Größenordnung, doch kann man doch daraus folgern, daß Asteroidentreffer häufiger sind als Kometentreffer.

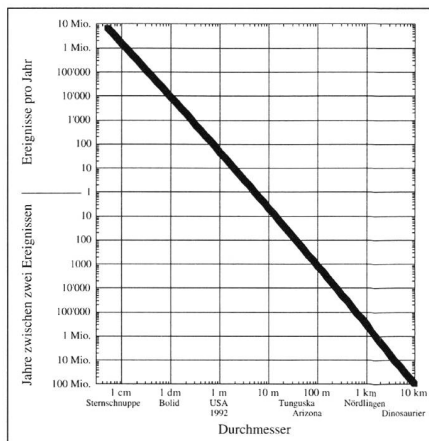
So vernichtende Ereignisse wie eingangs zuerst beschrieben, kommen nur alle 10 Millionen Jahre einmal vor. Es besteht also nur eine geringe Gefahr, daß wir in den nächsten paar Jahrhunderten durch eine so große kosmische Bombe

vernichtet werden. Durchschnittlich alle 10 000 Jahre ist mit einem Treffer zu rechnen, der einen paar Kilometer großen Krater schlägt oder, wenn er in den Ozean fällt, an dessen Küsten für große Verwüstung durch Flutwellen sorgt. Aber auch kleinere, wesentlich häufigere Objekte wie der Asteroid des zweiten Einschlagszenario, können lokal großen Schaden anrichten. Ein Ereignis wie das 1908 an der Tunguska in Sibirien, das 2000 Quadratkilometer Wald umwarf, dürfte etwa 4 mal pro Jahrtausend eintreten. Jene Explosion eines Steinasteroiden von 60 bis 70 m Größe 8 km über dem Boden entsprach einer großen Wasserstoffbombe. Ein Körper mit der kinetischen Energie vom Ausmaß einer Hiroshima-Atombombe trifft die Erde 4 mal pro Jahrzehnt.

Von kleineren Ereignissen lesen wir manchmal in den Zeitungen. Besonders spektakulär war der Fall vom 9. Oktober 1992, als ein Feuerball heller als der Vollmond über den Himmel von Westvirginia bis zur Grenze von New-York und Pennsylvania raste. Ein 13 Kilogramm schweres Stück des vermutlich um einiges schwereren Brockens wurde danach gefunden. Solche Brocken dürften nach einer Studie des JPL etwa einmal pro Monat die Erde erreichen. Am unteren Ende der Skala stehen die ein paar Millimeter großen Sternschnuppen. Im Durchschnitt sehen wir etwa 5 Sternschnuppen pro Stunde, wir können dabei etwa 5 Promille des Himmels einsehen, d.h. Weltweit gibt es ca. 1000 Ereignisse pro Stunde. Die Graphik (Fig. 4) soll einen Überblick über die Häufigkeit der mit der Erde kollidierenden Körper als Funktion ihrer Größe geben. Sie hat aber höchstens den Charakter einer Faustregel.

Wenn Sie jetzt das Gefühl haben, die ganze Geschichte sei nur ein theoretisches, etwas makabres Gedankenspiel,

Fig. 4: Geschätzte Anzahl Treffer pro Jahr in Abhängigkeit des Durchmessers der aus dem Weltraum einfallenden Körper.



so bedenken Sie folgendes: Manche Leute, darunter auch Wissenschaftler, halten es für durchaus plausibel, daß es angesichts der überwältigenden Anzahl von Galaxien mit ihren hunderten von Millionen Sonnen Millionen von Zivilisationen geben könnte. Selbst wenn jede Galaxie mit 100 Mia. Sonnen zu einem bestimmten Zeitpunkt durchschnittlich nur eine Zivilisation beherbergt, die während etwa 500 Jahren weiß, was ein Asteroid ist, aber nichts gegen den Einschlag unternehmen kann, würde doch irgendwo im Kosmos jeden Tag eine Zivilisation durch einen Asteroidentreffer ausgelöscht.

DR. SC. NAT. ROLAND BRODBECK
Im Berg 3, CH-8259 Kaltenbach
brodbeck@astroinfo.ch
<http://www.astroinfo.org/>

AN- UND VERKAUF[®]
ACHAT ET VENTE

- *A vendre:*
Celestar 8 computerized*, complètement neuf à vendre. Accessoire compris: Plossl 40 mm, 10 mm, 26 mm. Trépied. *Advanced AstroMaster avec installation kit et manuel: Prix total Frs. 3700.-. Si vous êtes intéressé, appeler au 022/731 55 35.

Navigation: astroinfo

Location: <http://www.astroinfo.ch/>

ASTROINFO

<http://www.astroinfo.ch/>

Astronomisches Informationssystem im Cyberspace – ein Service der SAG

astro/info ist ein interaktives Medium von und für Amateurastronomen im Internet

astro/info bietet:
SAG-Informationen ★ Aktuelle Ephemeriden ★ Dark-Sky Switzerland Homepage ★ E-Mail Verzeichnis ★ Archiv von Astroaufnahmen ★ Fotoalbum von Veranstaltungen ★ Deep-Sky Corner ★ Veranstaltungskalender ★ Sternwartendatenbank ★ Literaturverzeichnis ★ Starparty Homepage ★ u.v.m.

astro/info sucht:
Ihre Astrobilder in digitalisierter Form ★ Angaben zu Ihrer Veranstaltung ★ Informationen über Ihren Verein ★ Daten und Öffnungszeiten Ihrer Sternwarte ★ Werbung ★ E-Mail Adressen

Kontaktpersonen:
E-Mail Adressen: philipp.heck@astroinfo.ch
★ Werbung: stefan.plozza@astroinfo.ch ★ Vereinsinformationen: christoph.bosshard@astroinfo.ch ★ Sternwartendaten: matthias.cramer@astroinfo.ch ★ Veranstaltungshinweise: hans.martin.senn@astroinfo.ch ★ Astrobilder: bernd.nies@astroinfo.ch