

Liebe Leserin, lieber Leser,

Schon 17P/Holmes gesehen, den Kometen zu unseren Häupten? Alles deutete auf einen unscheinbaren Abflug eines unscheinbaren Kometen hin, bis Holmes am 24. Oktober „über Nacht“ millionenmal heller wurde als vorhergesehen. Schon seine Entdeckung am 6. November vor 115 Jahren verdankte er einem Helligkeitsausbruch. (Die Alten wussten schon, weshalb sie Kometen instinktiv der sublunaren Sphäre zuordneten. „Richtige“ Himmelskörper neigten ihrer Ansicht nach nicht zu extravaganterem Verhalten.) Holmes befindet sich im Perseus. Dort wandert er im November längs des 50. Breitenkreises langsam westwärts, um den 19. November an Algenib (α Persei) vorbeiziehend.

Schon von Baptistina gehört? Der 40-km-Asteroid mit der Katalognummer 298 ist der größte Brocken einer Asteroidenfamilie. Der Schwarm soll vor etwa 160 Millionen Jahren aus einem zerbrechenden Mutterkörper hervorgegangen sein. Dieses Ereignis im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter hat uns nicht kalt gelassen: Der Einschlag vor 65,0 Millionen Jahren, der das Zeitalter des Tertiärs einläutete – die Geologen sprechen neuerdings lieber vom Paläogen –, sei mit 90 prozentiger Wahrscheinlichkeit einem Baptistina-Familienmitglied zuzuschreiben, heißt es in einem Nature-Artikel. Diese Familie hat anscheinend auch dem Mond mindestens einen prominenten Krater beschert: Tycho. Am stärksten in Mitleidenschaft gezogen wurde übrigens die Venus!

Was den Reptilien zum Verhängnis wurde, brachte die Säugetiere zur Blüte. Wenn man so will, war es ihre Feuertaufe. Der Name Baptistina passt.

Das ist der Stoff, von dem Presseleute träumen. So titelte denn auch die Süddeutsche am 6. September, dem Tag der Nature-Ausgabe, „Dino-Tod durch kosmischen Querschläger“. Im Tagesspiegel heißt es schlicht und ergreifend: „Der Tod kam aus dem All“.

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im November

Falls Sie demnächst in die Karibik reisen: Der Mond verfinstert am 3. November den Regulus, den Hauptstern des Löwen.

Zum Morgenstern Venus gesellt sich um den 8. November herum der Merkur. An jenem Tag erreicht er mit 19° Abstand zur Sonne seine größte westliche Elongation. 19° sind nicht viel. Da die Ekliptik aber steil am Morgenhimmel am Horizont aufragt, dürfte der sonnennächste Wandelstern dennoch vor Sonnenaufgang gut sichtbar sein.

Mars tritt in seine Oppositionsphase ein. Die Planeten bewegen sich, von „oben“ betrachtet, entgegen dem Uhrzeigersinn um die Sonne. Dadurch, dass wir diese Bewegung von einem selbst sich bewegenden Himmelskörper, der Erde, aus verfolgen, kommt es bei den äußeren Planeten gelegentlich zu einer rückläufigen Bewegung bezüglich der Sterne am Himmel. Für den Mars beginnt diese Phase der Rückläufigkeit Mitte November. Sie dauert bis Ende Januar. Dazwischen liegt die Marsopposition am 24. Dezember.

Was für den Mars beginnt, endet für den Uranus am 24. November. Er hat dann seine Oppositionsphase hinter sich, hält kurz an und bewegt sich danach, wie es sich gehört, wieder in Richtung Osten durch den Wassermann.

Saturn geht ab Mitte November bereits vor Mitternacht auf.

Baptistina

Der Asteroid 298, ein kohligler 40-km-Chondrit des Asteroiden-Hauptgürtels, wurde vor 117 Jahren, am 9. September 1890, von dem Astronomen Auguste Charlois am Observatorium von Nizza aufgefunden. Charlois hatte sich die fotografische Methode des Heidelbergers Max Wolf zu nutze gemacht und insgesamt 99 Asteroiden entdeckt. Der Asteroid Nr. 1510, 1939 ebenfalls in Nizza aufgefunden, trägt den Namen *Charlois*.

Auguste Honoré Pierre Charlois machte den Fehler, ein zweites Mal zu heiraten, woraufhin er 1910 im Alter von 46 Jahren vom Bruder seiner ersten Frau ermordet wurde. (So steht's im Internet.)

Asteroiden Familien

Im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter kommt es hin und wieder zu Zusammenstößen und zum Zerschellen von Asteroiden. Die Bruchstücke, von denen sich einige später wieder gravitativ zusammenlagern, durchlaufen lange Zeit noch ähnliche Bahnen, und sie zeigen die gleiche chemische Zusammensetzung. Haben also die gleiche Farbe. (Die sich wie auch die Albedo allerdings im Laufe der Zeit durch *Verwitterung* ändert, was zur Altersbestimmung herangezogen werden kann.) Einige dieser Bruchstücke füllen die Vitrinen von Naturkundemuseen: Meteorite.

Inzwischen kennt man bereits Dutzende sogenannter Hirayama-Familien, und es werden immer mehr. Automatisierte Himmelsdurchmusterungen wie der Sloan Digital Sky Survey liefern Asteroiden am laufenden Band. Vermutlich gehört fast jeder Asteroid einer Familie an. Von diese Familien gehen ganze Mikrometeoritenschwärme aus, die sich im inneren Planetensystem als bandartige Strukturen im Zodiakallicht bemerkbar machen.

Das Studium junger Familien enthüllt Einzelheiten über die Zusammenstöße von Asteroiden, wie Relativgeschwindigkeiten der entstehenden Ejekta und den inneren Zusammenhalt von Asteroiden. Die Physik von Stößen zwischen Planetesimalen wiederum ist wichtig für das Verständnis der Planetenentstehung durch Montage von Planetesimalen.

Auch Asteroiden, nicht nur Kometen, die Schweifmaterial ausstoßen, bewegen sich nicht allein unter der Wirkung der Schwerkraft von Sonne und Planeten. Wie ein russischer Ingenieur namens Yarkovsky Anfang des vergangenen Jahrhunderts herausgefunden hat, unterliegen sie dem Sonnenlicht und zwar nicht allein dem Strahlungsdruck. Wie wir alle aus Erfahrung wissen, ist es nicht um die Mittagsstunde am heißesten, vielmehr am frühen Nachmittag. Bei den Asteroiden ist es nicht anders. Die Nachmittagsseite ist heißer als die Morgenseite, sendet also mehr Infrarotstrahlung aus als diese. Diese Asymmetrie in der Oberflächenerwärmung führt zu einem unmerklichen Rückstoß, der über Jahrtausende Wirkung zeitigt! Die Sonnenerwärmung kann vermutlich sogar einen unregelmäßig geformten Asteroiden schneller rotieren machen, so schnell, dass er schließlich daran zerbricht oder sich ein Asteroidenmädchen abspaltet wie im Falle von 243 Ida und Daktyl (Foto: NASA). Viele Asteroiden scheinen bemundet zu sein, was nach einer Erklärung ruft. Die Sonnenlichteffekte sind viel subtiler als hier andeutungsweise beschreiben und laufen in der Literatur unter dem Namen YORP-Effekt (Kürzel für

Yarkovsky-O'Keefe-Radzievskii-Paddack-Effekt).

Dass das Sonnenlicht auf lange Sicht durch „thermische Drehmomente“ die Rotation asymmetrischer Asteroiden bestimmt, ist überraschend. Es trifft aber anscheinend zu. Mitglieder der Koronis-Familie beispielsweise scheinen nur zwei Orientierungen ihrer Rotationsachsen zu kennen. Eigentlich hatte man auf Grund der vielen Zusammenstöße mit anderen Asteroiden eine zufällige Verteilung der Rotationsachsen erwartet. Man kann sich inzwischen das Rotationsgebaren mittels des YORP-Effektes und himmelsmechanischer Resonanzen – in diesem Falle mit Saturn – deuten.

Es gibt sogar Unterfamilien von Familien, wie die kleine Karin-Familie, entstanden vor gerade mal 5,8 Millionen Jahren. Sie zählt zur weit älteren Koronis-Familie.

Gefährliche Zeiten

Das Bombardement von Erde und Mond durch Asteroiden und Kometen schwankt an Heftigkeit. Hoch her ging es vor 3,9–3,85 Milliarden Jahren. Erdgeschichtlich schrieb man das Hadean. Inoffiziell untergliedern Geologen das Hadean in „Nektarium“ und „Unteres Imbrium“. Beide Bezeichnungen sind der Mond-Geologie (schreckliches Wort) entlehnt. Damals entstanden das „Nektarmeer“ bzw. das „Regenmeer“.

Jupiter und Saturn „balgten“ sich damals in einer 2:1 Resonanz, d. h. zwei Jupiterjahre entsprachen einem Saturnjahr. Die gegenseitigen Störungen schaukelten sich schnell auf. Die Saturnbahn wurde immer exzentrischer, was das Sonnensystem mächtig aufwühlte: Uranus und Neptun wurden nach draußen verfrachtet. Dies wiederum brachte den Kuipergürtel in Rage. Unmengen von eisigen Kometen ergossen sich in einem kühlen Schauer, dem *Late Heavy Bombardment* (LHB), über das innere Sonnensystem, wovon heute eben noch die Mondmaria künden.

So könnte in etwa die Urgeschichte unseres Planetensystems abgelaufen sein. Ruhigere Zeiten folgten. Auf der Erde konnte sich Leben entwickeln. Nur sporadisch traf ein Asteroid oder ein Komet unseren Planeten. Stellt sich die übliche Frage (die am Anfang aller Wissenschaft steht): alles Zufall, sprich „Rauschen“, oder verrät uns das zeitliche Muster der Einschläge mehr? (Nur, wenn es die Daten erzwingen, sollte man von der einfacheren Hypothese abgehen!) Erschüttern also Schauer mit einer gewissen Regelmäßigkeit das Planetensystem? Um es vorwegzunehmen, dass Schauer periodisch auftreten,

ausgelöst durch „Nemesis“, ist ein Gerücht! Allerdings hat, glaubt man den spärlichen Hinweisen, die Einschlagsrate in den vergangenen hundert Millionen Jahren statistisch signifikant zugenommen. Man rechnet, um eine Zahl zu nennen, mit dem Einschlag eines 1-km-Brockens aller 500 000 Jahre. Was könnte diese erhöhte Rate verursacht haben?

Im Gespräch ist nun eine Kollision im Asteroidengürtel vor 160 Millionen Jahren. Ein 170-km-Asteroid stieß frontal und mit 11 000 km/h mit einem 60-km-Asteroid zusammen. Alles ging zu Bruch. Zum Teil versammelten sich die Splitter wieder zu kilometergroßen Asteroiden und diese bilden nun einen erkennbaren Schwarm im Asteroidengürtel. Sie bewegen sich auf ähnlichen Bahnen und haben alle den gleichen dunklen Rotton, der charakteristisch für das primitive kohlige Material aus den Anfangstagen des Planetensystems ist. Die Baptistinagruppe am Innenrand des Asteroidengürtels, ursprünglich etwa 100 000 Asteroiden größer als 1 Kilometer umfassend, ist in Auflösung begriffen. In Verein mit der Rotation sorgen wärmende Sonnenstrahlen für eine Bahnänderung. Je kleiner ein Asteroid, desto größer der Yarkovsky-Effekt. Asteroiden, die sich „richtig“ herum drehen (also von „oben“, vom Nordpol der Ekliptik aus betrachtet, entgegen dem Urzeigersinn) wandern ganz allmählich nach außen, in Richtung Jupiter. Die sich „falsch“ herum drehen driften in Richtung Mars. Obwohl letztere sich vom Jupiter wegbewegen, macht ihnen dieser zu schaffen. Auf den Weg nach innen ist eine Bahnresonanz mit Jupiter (und eine mit Mars) im Wege: Auf zwei Jupiterumläufe kommen genau sieben Asteroidenumläufe. So etwas sorgt für Aufruhr.

Tatsächlich haben sich die kleinsten Mitglieder der Baptistinafamilie bisher am weitesten von Baptistina, dem Hauptkörper, zu entfernen gewagt, so, wie von Yarkovsky vor über 100 Jahren vorhergesagt!

Der YORP-Effekt gehört wie die Gezeitenreibung zu jenen Effekten, welche die klassische Himmelsmechanik „aufweichen“, ihr ein diffusives Element hinzufügen, das ihr eigentlich fremd ist, ein Element des Zufälligen und Unberechenbaren. Durch diese schleichende Verschmierung der Bahnen werden gefährliche Resonanzen immer wieder aufgefüllt.

Bisher sind wir noch im Asteroidengürtel. Noch ist nichts passiert. Und dabei bliebe es, wäre da nicht diese gefährliche 7:2 Resonanz. Diese ist schwach nur mit Asteroiden besetzt. Warum wohl? Nun, weil Jupiter und Mars dort befindliche Asteroiden schnell in andere Regionen des Sonnensystems verfrachtet haben. Sprich, einige der Baptistina-Anhänger wurden ins innere Planetensystem katapultiert. Betroffen sind nicht nur andere Asteroiden wie

951 Gaspra. Mars ist der erste Planet, der das „Event“ im nahegelegenen Asteroidengürtel zu spüren bekommt, sprich etwas abbekommt. 40 Millionen Jahre nach dem Zerschellen des Mutterkörpers erreichen die Einschlagwahrscheinlichkeiten für Erde und Venus ihr Maximum.

Die Autoren der Nature-Studie haben auf dem Computer 9024 Testteilchen in der Resonanz starten lassen und ihr Schicksal verfolgt. 1,7 % davon trafen die Erde. (Oder werden sie noch treffen. Die Studie reicht 40 Millionen Jahre in die Zukunft.) Berücksichtigt man die Größenverteilung, so ist mit etwa einem Einschlag eines Projektils von mehr als 10 km Durchmesser zu rechnen und 200 Einschlägen von 1-km-Körpern.

Nun wird die Wahrscheinlichkeitsrechnung bemüht. Und die erlaubt fast sichere Aussagen: Mit über 90 % Wahrscheinlichkeit war der 10-km-Dino-Killer, der vor 65,0 Millionen Jahren den Chicxulub-Krater auf Yucatan hinterließ, ein Familienmitglied. Einem anderen verdanken wir (allerdings nur mit 70 % Wahrscheinlichkeit) den Tycho (auf dem Foto zusammen mit der ISS). Der misst 85 km und ist mit nur 109 Millionen Jahren einer der jüngsten Mondkrater und deswegen so auffällig hell mit seinem Strahlensystem. Ihn zu kreieren bedurfte es eines 4-km-Asteroiden. Auch einer der vier großen Venuskrater (NASA-Radarbild von „Lise Meitner“) könnte auf das Konto des Baptistina Clans gehen.