

## Liebe Leserin, lieber Leser,

die vier großen Jupitermonde stehen seit 400 Jahren im Rampenlicht der Wissenschaft. Am 7. Januar 1610 richtete Galileo Galilei sein Fernrohr auf den Jupiter. Was er sah? – ein Sonnensystem *en miniature*. Das heißt, zunächst hielt er die drei Pünktchen für Fixsterne. Tage später war klar, es müssen Jupiterbegleiter sein – sie waren plötzlich auf der falschen Seite des Jupiter. Im März 1610 erfuhr die staunende Welt davon.

Auch andere waren auf die Erfindung des holländischen Brillenmachers Hans Lippershey scharf. Simon Marius aus Ansbach, der noch vor Galilei davon Wind bekommen hatte, hatte am 8. Januar begonnen, sich die Stellung der Jupitertrabanten zu notieren.

Ja, wäre Herr Mayr (latinisiert: Marius) aus dem Mittelfränkischen schneller gewesen, könnte Brandenburg jetzt himmlischen Besitz sein eigen nennen. Seinem Gönner zu Ehren, sollten die vier Trabanten „Brandenburgische Gestirne“ heißen. Galilei hat seine „Mediceische Planeten“ auch nicht durchsetzen können. Kein geringerer als Kepler soll den Vorschlag gemacht haben, die vier Monde nach den „Affären“ des Göttervaters zu benennen: Io, Europa, Ganymed und Kallisto. Gegen Europa hatte Brandenburg keine Chance.

Für das Kopernikanische Weltsystem und seinen Siegeszug waren die Jupitermonde ein Geschenk des Himmels, bewiesen sie doch sinnfällig, dass das Zentrum eines Systems sehr wohl in Bewegung um ein übergeordnetes Zentrum zu sein vermag.

Der Feststellung von Arthur C. Clarke in seinem „2010“, wonach „sogar jetzt, mehr als drei Jahrzehnte nach den Enthüllungen durch die Voyager-Vorbeiflüge, niemand so recht versteht, weshalb sich die vier Riesenmonde so stark voneinander unterscheiden, sind sie doch alle von vergleichbarer Größe und gehören sie doch alle dem gleichen Teil des Sonnensystems an“, ist bis jetzt nichts hinzuzufügen.

Die Jupitermonde bleiben im Rampenlicht und das nicht nur wegen der Vorliebe von Astrobiologen.

Einen guten Start in das letzte Jahr des ersten Jahrzehnts des dritten Jahrtausends wünscht Ihnen

Ihr Hans-Erich Fröhlich

## Der Himmel im Januar

Der Januar steht ganz im Zeichen des Mars. Am 29. Januar geht er in Opposition zur Sonne. Er ist dann die ganze Nacht über sichtbar. Da die Ekliptik in Winternächten hoch steht, sind die Beobachtungsbedingungen günstig. Leider ist Mars diesmal – seine Bahn ist auffallend elliptisch – recht weit von uns entfernt. Sein Winkeldurchmesser erreicht gerade einmal 14 Bogensekunden. Und die Venus? Sie steht dem Mars am Himmel genau gegenüber, also dort, wo sich die Sonne befindet. Am 11. Januar marschierst sie hinter der Sonne vorbei. Aus dem Morgenstern wird der Abendstern. Aber bewundern werden wir diese Verwandlung später, im Monat Mai.

Befände sich der Mond nicht gerade in Erdferne, könnte man die Venus sogar südlich der Sonne sehen. Am 15. Januar bedeckt nämlich der Mond die Sonne. Leider nicht ganz. Von hier aus ist diese ringförmige Sonnenfinsternis nicht zu sehen. Eine Reiseempfehlung möchte ich nicht geben. Das Gebiet ist – dass man darauf im 21. Jahrhundert hinweisen muss! – piratenverseucht.

Wer gut zu sehen ist, und das von fast überall, ist der Saturn. Die ganze zweite Nachthälfte zielt er den Himmel. Und seine Ringe haben sich auch schon wieder geöffnet. Die Zeit der Kantenstellung (September 2009) ist lange vorbei.

Ansonsten die für Januaranfang übliche Meldung: Die Erde ist am 3. Januar in Sonnennähe. Die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Periheldurchgängen nennt man anomalistisches Jahr. Dieses ist im Mittel um rund 25 Minuten länger als das tropische Jahr. In 60 Jahren macht der Unterschied ungefähr einen Tag aus. In rund 10 000 Jahren fällt das Durchlaufen des Perihels mit dem Sommerbeginn auf der Nordhalbkugel zusammen. Für die Landwirtschaft hat so etwas Auswirkungen.

## Die Galileischen Monde

Die Monde können sich sehen lassen. Ganymed übertrifft Merkur, wiegt allerdings nur die Hälfte von jenem. Selbst die kleine Europa kommt an unseren Erdmond heran.

Jeder der Vier hat sein eigenes Gepräge: Die Io ist gezeichnet vom Schwefelvulkanismus, der ihre Oberfläche jung erhält, Europa ist ein Paradies für Schlittschuhläufer, Ganymed beherbergt tief im Inneren einen Dynamo, und

die Kallisto hat sich, anders als in der Sage, ihre Unberührtheit bewahren können. Die beiden letzteren haben antike Oberflächen, allerdings zerbeult von zahlreichen Einschlägen.

Woher diese Unterschiede? Das Mondsystem des Jupiter ist eben kein Planetensystem im Kleinen! Die Monde sind, wie gesagt, vergleichsweise groß. Sie könnten für sich betrachtet durchaus als Planeten gelten. Die Abstände sind aber nicht planetar! Gezeitenkräfte machen sich bemerkbar. Sie bewirken eine gebundene Rotation. Wie im Falle von Erde und Erdmond, zeigen auch die vier Galileischen Monde dem Jupiter immer die gleiche Seite. Hinzu kommt, Io, Europa und Ganymed sind gefangen in einer Bahnresonanz. Auf zwei Io-Umläufe kommt ein Europa-Umlauf, auf zwei Europa-Umläufe einer von Ganymed.

Es ist diese Resonanz, die Io-Vulkane Schwefel speien lässt. Europa und Ganymed zerren an der Io und verhindern, dass deren Bahnexzentrizität abgebaut wird. Des Jupiter Gezeitenkräfte aber variieren mit dem Abstand. Die Folge: Der Mond wird ständig durchgewalkt. Der Tidenhub macht auf der Io rund 100 m aus! Zum Vergleich: Auf der *festen* Erde sind es Zentimeter. Es ist, als biege man ständig eine Plastikkarte hin und her. Dabei entsteht Wärme. Hinzu kommt, dass die Io das mächtige Magnetfeld des Jupiter zu spüren bekommt. Dabei werden Ströme induziert und Joulesche Wärme freigesetzt.

Europa zählt wie die Io zu den sog. terrestrischen Monden. Sie hat sich allerdings einen gehörigen Wasservorrat – etwa 10 % – bewahren können. Unter einer kilometer-starken Eiskruste wird ein Ozean von 200 km Tiefe vermutet. Ob der Leben beherbergt, ist fraglich. Ist Europa eine Io plus Wassermantel, so dürfte der hohe Schwefelanteil den Ozean in eine ziemlich saure Brühe verwandelt haben. Selbst *auf* der Europa ist Schwefelsäure zu finden. Der Schwefel dort könnte allerdings von der Io herrühren. Wie dem auch sei, ein Landegerät, auf der Europa abgesetzt, müsste über einen gehörigen Korrosionsschutz verfügen.

Ganymed und Kallisto sind richtige Eismonde: Sie bestehen zur Hälfte aus gefrorenem Wasser! Verglichen damit ist unser „blauer Planet“ ausgesprochen trocken. Ganymed ist anscheinend ausdifferenziert, d. h. die schweren Bestandteile haben sich abgesetzt und sind nun in einem Kern versammelt, – und er verfügt, was ihn unter allen Monden des Planetensystems einzigartig macht, über ein Magnetfeld, etwa ein Zehntel so stark wie das irdische Magnetfeld an der Erdoberfläche. Es handelt sich nicht um einen Permanentmagneten! Es sieht so aus, als sei tief im Innern von Ganymed ein Dynamo

verborgen. Dazu bedarf es eines geschmolzenen metallischen Kerns. Durch konvektive Strömungen in einem rotierenden Himmelskörper kann es unter Umständen, siehe Sonne oder Erde, zu einem selbsterregten Dynamo kommen. Die treibende Kraft ist allerdings unklar. Restwärme aus der heißen Bildungsphase, latente Wärme oder radioaktive Wärme reichen nicht aus. Möglicherweise ist Ganymed vor einer Milliarde Jahren Opfer einer himmelmeechanischen Resonanz geworden, wobei er durch Gezeitenkräfte gehörig aufgeheizt wurde, und woraus er scheinbar verjüngt hervorgegangen ist.

Interessanterweise stört zumindest auch die „geologisch“ tote Kallisto das magnetische Feld in der Umgebung des Jupiter, was auch bei ihr mit einem unterirdischen Salzozean in Verbindung gebracht wird. (Salzwasser hat eine hohe elektrische Leitfähigkeit, so dass dort durch das Magnetfeld des Jupiter Ströme induziert werden, die ihrerseits Quelle von Magnetfeld sind.) Für die Heizung kommt allerdings in ihrem Falle nur radioaktive Wärme in Betracht, und die sollte eigentlich schnell abtransportiert werden. Es sei denn, dass es durch Wärmedämmung zu einem Wärmestau kommt. (Im Falle der Erdatmosphäre besorgt so etwas der Wasserdampf.)

In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, dass das Allerweltsmolekül  $(\text{H}_2\text{O})_n$  immer wieder für Überraschungen gut ist. Dass festes Wasser leichter ist als flüssiges und deshalb obenauf schwimmt und thermisch isoliert, was für die Lebewelt von Bedeutung ist, ist bekannt. Weniger bekannt ist, dass es neben dem üblichen hexagonalen Eis noch weitere „Eise“ gibt. Das Druck-Temperatur-Diagramm des Wassers ist immer noch, insbesondere bei hohen Drücken, so etwas wie eine *terra incognita*! Man kennt inzwischen ein Dutzend feste Phasen, die Wasser in Verbindung mit Verunreinigungen wie Ammoniak einen unglaublichen Reichtum an thermodynamischen Eigenschaften bescheren. Wasser ist auch planetologisch ein „besond’rer Saft“! Schon möglich, dass der Kallisto Eismantel für einen Wärmestau sorgt, der auch im Innern dieses inaktiven Eismondes Wasser in flüssiger Form erlaubt. Selbst ein so urtümlicher und wenig differenzierter Mond wie die Kallisto, niemals aufgeschmolzen, steckt voller Rätsel.

Wussten Sie, dass *das* Sternbild des Nordhimmels, die Große Bärin die Kallisto darstellt? Zeus hatte ein Auge geworfen auf die keusche Nymphe und Gefährtin der Jagdgöttin Artemis. Sie zu verführen, nahm er deren Gestalt an. Als die Folgen sichtbar wurden, verwandelte Artemis (oder die eifersüchtige Ehefrau des Zeus, Hera) die Schöne in eine Bärin. Als diese, uneingedenk ihrer Tiergestalt, einst freudig auf ihren Sohn Arkas, der inzwischen ein Jäger

geworden war, zueilte, griff dieser zu Pfeil und Bogen. Das Verhängnis abzuwenden, versetzte Zeus schleunigst beide an den Himmel, sie als Bärin, ihn als Bärenhüter.