

## Liebe Leserin, lieber Leser,

vor fünf Jahren machte sich die Jupitersonde Juno auf den Weg. Nun ist das Ziel der Reise in greifbarer Nähe. Am *Independence Day* schwenkt Juno in eine Umlaufbahn ein, die über die Pole des Riesenplaneten führt. Sie wird (ab Oktober) aller zwei Wochen seiner Wolkenoberschicht auf ca. 5000 km nahe kommen. Am Dienstag, dem 5. Juli, zum Frühstück, werden wir wohl Gewissheit darüber haben, ob das Bremsmanöver geklappt hat.

Es geht bei dieser Jupiter-Mission um nicht weniger als um des Jupiter Herkunft!

Das Umfeld des Jupiter stellt den Raumfahrttechniker vor große Herausforderungen. Der schnell rotierende Planet ist in den Augen des Technikers eine Siemenssche Dynamomaschine und erschafft sich eine riesige Magnetosphäre. Diese stellt eine magnetische Falle für geladene Teilchen dar, die sich darin bewegen. Man kennt das von der Erde. Hier nennt man sie die Van-Allen-Strahlungsgürtel! Empfindliche Elektronik wird deshalb mit einer Titan-Panzerung gegen das höllische Umfeld abgeschirmt. Diese Verpackung reduziert die Strahlendosis um das 800-Fache. Die Flugbahn ist außerdem so gewählt, dass die gefährlichsten Partien der Strahlungsgürtel umschifft werden.

Am 7. Juli gedenken Sonnenfleckenforscher des 200. Geburtstages des gebürtigen Schweizers Johann Rudolf Wolf (1816–1893). Er studierte u. a. in Berlin Astronomie und Mathematik. Die Sonnenforschung verdankt ihm die Wolf'sche Sonnenfleckenzahl zur statistischen Erfassung der Sonnenfleckenhäufigkeit. Angeregt dazu wurde er durch die Arbeiten des Dessauer Apothekers, Amateurastronomen und Entdeckers des 11-jährigen Sonnenfleckenzklus, Samuel Heinrich Schwabe (1789–1875). Auch als Statistiker war Rudolf Wolf bedeutend. Er gilt als Vordenker für die sog. Monte-Carlo-Methode.

Vor 100 Jahren, am 1. Juli 1916 wurde im damaligen Russland der spätere Astrophysiker, Radioastronom und Popularisator der Wissenschaft Josif Samuilovich Shklovsky (gest. 3. März 1985) geboren. Er zählt fraglos zu

den kreativsten Köpfen des vergangenen Jahrhunderts. Die Astronomie verdankt ihm beispielsweise 1953 die Erklärung für das Leuchten des Krebsnebels, des bekanntesten Supernovaüberrestes: Es handelt sich um Synchrotronstrahlung. Sie entsteht, wenn lichtschnelle Elektronen magnetische Feldlinien umrunden. Diese Hypothese erklärt mit einem Schlage das gesamte kontinuierliche Spektrum des Nebelchens, vom Optischen bis in den m-Wellen-Bereich. (Auch die Strahlungsgürtel des Jupiter sind Quelle von Synchrotronstrahlung.) Shklovskys Interesse galt der Sonnenkorona ebenso wie der Erkundung der Galaxis im Lichte von Radiolinien (21-cm-Linie des Wasserstoffs, 18-cm-Linien des OH-Radikals) und den aktiven Galaxien. Er war bekannt für unkonventionelle Ideen. Auf ihn gehen die künstlichen Kometen zurück. Um seine Position zu verraten stößt so ein Mondprojektile Natriumdampf aus. Die Wolke verflüchtigt sich schnell<sup>1</sup>. Angeregt vom Sonnenlicht brilliert das Natrium im Bereich der gelben Resonanzlinie. Die leuchtende Wolke hebt sich, im Gegensatz zur Raumsonde, deutlich vor dem Hintergrund ab. (Dafür gab's 1960 den Leninpreis.) Um 1960 äußerte er, der Marsmond Phobos müsse wohl hohl sein, mithin künstlich, was von der Presse sofort aufgegriffen wurde! Hintergrund ist, dass Phobos tatsächlich „abstürzt“, wenn auch vorerst noch gemächlich. (Es handelt sich um wenige Zentimeter pro Jahr.) Sollte dies der geringe „Luft“widerstand bewirken, wie man damals vermutete, müsste Phobos<sup>2</sup> 10-mal größer als gedacht und damit ein Leichtbau sein. Überhaupt hat ihn, zusammen mit seinem kongenialen amerikanischen Freund Carl Sagan, die Frage nach dem Leben im All und nach den Außerirdischen (ETI) umgetrieben. Sogar ein gemeinsames Buch über Exobiologie haben die beiden verfasst, der Russe und der Amerikaner. (Die Affinität ist verständlich: Sagens Vater stammt, wie die Shklovsky Familie, aus der Ukraine). Was die Zukunft der Zivilisation anbelangt, jeder Zivilisation, sah Shklovsky schwarz. Nicht nur die Kernwaffenarsenale bereiteten ihm Sorgen. Er sah weiter und warnte vor der Informationsflut, der Bedrohung durch künstliche Intelligenz (KI) und – vor Degeneration, sei sie genetisch bedingt oder durch ein ausuferndes Spezialistentum.

Spaß bei der Lektüre wünscht, wie immer,

Hans-Erich Fröhlich

---

<sup>1</sup>Die Art und Weise, wie dies geschieht, ist an sich interessant.

<sup>2</sup>Ein Krater auf dem Phobos wurde nach Shklovsky benannt.

## Der Himmel im Juli

Am 4. Juli, 18 Uhr 24 MESZ, „schleicht“ die Sonne besonders langsam übers Firmament. Das ist der Elliptizität der Erdbahn geschuldet. Just dann durchläuft nämlich unserer Planet das Aphel seiner Ellipsenbahn, den sonnenfernsten Punkt. Wegen der Erhaltung des Bahndrehimpulses ist die Geschwindigkeit der Erde auf ihrer Jahresbahn zu diesem Zeitpunkt minimal. Dies spiegelt sich in der Winkelgeschwindigkeit der Sonne bezogen auf den Fixsternhimmel. Sie ist am 4. Juli minimal. Die jährliche Schwankung der Winkelgeschwindigkeit macht z. Z.  $\pm 3,2\%$  aus. Sie bewirkt, dass die (wahre) Tageslänge, also von Mittag zu Mittag, Anfang Juni etwa 8 Sekunden kürzer ist als im Mittel. Im Laufe weniger Wochen summieren sich diese tagtäglichen Abweichungen auf viele Minuten auf, weshalb Sonnenuhren<sup>3</sup> als Zeitmesser heutzutage ungeeignet sind.

Da uns der Gang der Jahreszeiten mehr am Herzen liegt als die (gegenwärtig) geringfügige Schwankung des Sonnenabstands, fixiert unser Kalender den Frühlingsanfang (20. oder 21. März), nicht aber die Zeiten des Aphels bzw. Perihels (Anfang Januar). Man nimmt also in Kauf, dass die Apsidenterminne durchs Jahr wandern. In nicht ganz 10 500 Jahren<sup>4</sup> werden Perihel und Aphel ihre Kalendertage getauscht haben. Dann genießen die Bewohner der Südhälfte einen verlängerten Sommer.

Merkur befindet sich am 7. Juli von uns aus gesehen hinter der Sonne (obere Konjunktion) und ist auch in den Wochen darauf nicht sichtbar. Die obere Konjunktion der Venus liegt dann zwar schon einen Monat zurück, trotzdem kommt es noch zu keiner Abendsichtbarkeit.

Mars durchwandert das Firmament wieder rechtläufig und steuert auf Saturn und Antares zu. Am Monatsende geht er bereits eine halbe Stunde vor der MEZ-Mitternacht unter.

---

<sup>3</sup>Saisonale Effekte – beruhend auf der Neigung der Erdachse – tun ihr übriges, was die sog. Zeitgleichung, die Differenz aus wahrer und mittlerer Sonnenzeit, übers Jahr zu einer Doppelwelle werden lässt.

<sup>4</sup>Die schnelle Drehung der Apsiden – eine Umdrehung in 21 000 Jahren – ist nur vorgegaukelt. Sie spiegelt im wesentlichen die rasche retrograde Bewegung des Frühlingspunktes wider, verursacht durch die Präzession des Erdkreisels. Bezogen auf das ruhende System der Fixsterne dauert eine  $360^\circ$  Drehung der Apsidenlinie 110 000 Jahre. Dass es überhaupt eine Periheldrehung gibt, ist der Tatsache geschuldet, dass die Erde nicht allein die Sonne umrundet. Es ist die Störung durch die anderen Planeten, insbesondere durch Jupiter, die aus einer geschlossenen Kepler-Ellipse eine Rosette werden lässt.

Jupiter ist dem Abendhimmel vorbehalten. Er verschwindet am Monatsende bereits eine halbe Stunde nach 22 Uhr MESZ – bevor es einigermaßen dunkel wird. Aus aktuellem Anlass sei angemerkt, dass viele Teleskope, das Hubble-Weltraumteleskop eingeschlossen, in den nächsten Monaten auf den Jupiter gerichtet sein werden, um in einer konzertierten Aktion durch begleitende Beobachtungen und Messungen möglichst viel aus den teuren Daten der Juno-Mission herauszuholen.

Saturn bewegt sich immer noch rückläufig, d. h. er befindet sich immer noch in seiner Oppositionsphase. Da er eine gute Rektaszensionsstunde vom Mars entfernt ist, folgt er diesem mit einer Stunde Verspätung.

## Jupiter

Juno wird nach einem 35-minütigen Bremsen, wodurch sie 542 m/s an Tempo einbüßt, zunächst eine langgestreckte Ellipse mit einer Umlaufzeit von 53,5 Tagen zweimal durchfallen, bevor sie – nach einem weiteren Bremsmanöver Mitte Oktober – in die für wissenschaftliche Untersuchungen vorgesehene 14-Tage-Umlaufbahn einschwenkt. Alle zwei Wochen rückt die Sonde dann dem Jupiter auf die Pelle, und dies (hat der Kosmos-Bote richtig gezählt) 35 Mal. Am 20. Februar 2018 wird Juno in der Jupiteratmosphäre verglühen – aus Sicherheitsgründen, wie man hört. Man möchte verhindern, dass einer der Monde des Riesenplaneten durch irdische Lebensspuren unabsichtlich verseucht wird.

Jupiter ist mächtig. Massemäßig bringt er es auf ein Promille der Sonnenmasse. Alle anderen Planeten zusammengenommen, inklusive Zwergplaneten und interplanetares Kleinzeug, bringen es noch nicht einmal auf eine halbe Jupitermasse.

Eine Entstehungstheorie des Jupiter besagt, dass Jupiter – anders als all die anderen Planeten – seine Existenz einer gravitativen Instabilität in jener Gas-Staub-Scheibe verdankt, aus der das Sonnensystem einst hervorgegangen ist. (Derartige proto-stellare Scheiben werden andernorts im Weltraum beobachtet, beispielsweise im Orionnebel.) In dem urtümlichen Sonnennebel, einer sog. Akkretionsscheibe, stürzt einfach ein größerer Teil der Scheibe unter seinem Eigengewicht in sich zusammen. So ein Gravitationskollaps ist ein ausgesprochen schneller Vorgang, der schnellste überhaupt denkbare<sup>5</sup>!

---

<sup>5</sup>Wenn man nur spontane Vorgänge in Betracht zieht, also nicht nachhilft.

Da im Schwerfeld alle Körper gleich schnell fallen, unabhängig von ihrer Zusammensetzung, verändert sich beim Gravitationskollaps die chemische Zusammensetzung des betroffenen Gebietes nicht. Die Theorie wäre sofort widerlegt, unterschiede sich die Jupiterchemie von der des damaligen Sonnennebels. (Das ist das Merkmal einer guten Theorie: Sie lässt sich leicht widerlegen!)

Dieser Frage geht Juno nach.

Sie ist nicht einfach zu beantworten. Jupiter ist ein unfertiger Planet. Er befindet sich immer noch in einem Setzungsprozess. Man ersieht das daran, dass er mehr an Energie abstrahlt als er von der Sonne empfängt, etwa das 2 1/2-Fache. Quelle dieser Wärmestrahlung ist das „Abregnen“ schwerer Elemente. Dabei wird gravitative Energie in Wärme umgewandelt.

Als Folge dieser Absetzbewegung – Schweres sinkt nach unten, Leichtes steigt auf – kommt es zu einer chemischen Differenzierung<sup>6</sup>, wodurch sich u. a. die chemische Zusammensetzung der oberen, beobachtbaren Schichten ändert. Ihr Anteil an Edelgasen (Helium, Neon) beispielsweise nimmt ab. Die chemische Zusammensetzung, die man direkt beobachtet, sie ist nicht unbedingt repräsentativ für die Chemie des Planeten insgesamt! Im großen und ganzen ähnelt des Jupiter Atmosphärenchemie derjenigen der Sonne – also im wesentlichen Wasserstoff und Helium –, allerdings deutet sich bei den Spurenelementen eine gewisse Überhäufigkeit von Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel und eventuell auch Sauerstoff an. Juno wird dem nachgehen und insbesondere den Wasser(dampf)gehalt in tieferen Schichten der Atmosphäre bestimmen. (Sauerstoff ist vermutlich vollständig in Form von Wasser gebunden.) Es ist nicht auszuschließen, dass sich Jupiter später noch durch Einfangen von Kleinkörpern an schweren Elementen bereichert hat.

Durch das exakte Verfolgen<sup>7</sup> des freien Falls von Juno um den Jupiter, erhofft man sich detaillierten Aufschluss über die Masseverteilung<sup>8</sup> und Massebewegungen im tiefen Inneren des Jupiter. Spannend daran ist die Frage, ob Jupiter, wie seine leichteren Geschwister, über einen kompakten Kern aus

---

<sup>6</sup>Das ist eine Spezialität der Schwerkraft: Sie erzeugt spontan Unterschiede! Normalerweise geschieht das Gegenteil: (nutzbare) Unterschiede verschwinden von allein, einfach so.

<sup>7</sup>Ausgenutzt wird der Dopplereffekt bei der Übertragung von Radiosignalen im cm-Bereich.

<sup>8</sup>Das ist möglich, weil der Jupiter infolge seiner schnellen Rotation, wie man deutlich sehen kann, abgeplattet ist. Bei einem rein kugelsymmetrischen Aufbau erführe ein außenstehender Beobachter gravitativ rein gar nichts über die Masseverteilung im Innern.

schweren chemischen Elementen verfügt. Der nämlich wäre ein deutlicher Hinweis darauf, dass Jupiter in einem langwierigen Akkretionsprozess, also durch Aufsammeln von eisigen Planetesimalen, allmählich gewachsen wäre und sich erst gegen Schluss, nach Bildung eines ansehnlichen Gesteinskerns, mittels dessen Schwerkraft noch schnell eine mächtige Hülle aus Gasen angeeignet hätte.