

Liebe Leserin, lieber Leser,

ESA's Rosetta nähert sich nach zehnjährigem Flug dem Kometen Churyumov-Gerasimenko. Am 6. August wird sie „Chury“ erreichen und auf verschlungenen Wegen in eine Umlaufbahn um den Kometen einschwenken. Eine Landung ist auch vorgesehen. Der mitgeführte Landeapparat Philae soll im November zum Kometen absteigen, angesichts der Gestalt (Foto: ESA) des rotierenden 4-km-Ungetüms sicherlich keine leichte Aufgabe. Die Erwartungen sind hoch gesteckt. Kometen sind das „Urgestein“ des Sonnensystems. Das Material unter der Oberfläche kündigt vom „Sonnennebel“, aus dem vor 4,6 Milliarden Jahren Sonne, Planeten, Monde, ... auskondensierten.

Aus eisigen Gefilden des Sonnensystems kommend, könnten Kometen bereits primitives organisches Material angeschleppt haben, was dem Entstehen von irdischem Leben förderlich gewesen sein mag.

Die Spuren von Kometentrümmern kann jeder sehen. Die Perseiden beispielsweise stammen von Swift-Tuttle. Das diesjährige Perseidenmaximum wird in den Morgenstunden des 13. August erwartet.

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im August

Vollmond ist am 10. August um 20 Uhr MESZ. Es ist der größte des Jahres. Zur Vollmondstunde durchläuft der Mond gerade den erdnächsten Punkt seiner elliptischen Monatsbahn.

Leidtragende sind die Sternschnuppenjäger. Das Maximum der Perseidenaktivität wird just zwei, drei Tage danach erwartet. Da die Perseiden dafür bekannt sind, helle Meteore hervorzubringen, denen das Mondlicht nichts anzuhaben vermag, sollte man trotzdem die Gelegenheit nicht verstreichen lassen.

Venus ist Morgenstern. Anfang des Monats geht sie noch zwei Stunden vor der Sonne auf. Ende des Monats schrumpft der Vorsprung auf eine gute Stunde. Die Venus nähert sich von uns aus gesehen der Sonne. Räumlich

betrachtet entfernt sie sich von uns. Sie wird kleiner. Am 18. August in der Frühe kommt es am Himmel zu einer nahen Begegnung mit dem Jupiter. Letzterer ist gegen Monatsende bereits ab 4 Uhr MESZ überm Horizont.

Die Zeit der hellen Nächte ist vorüber. Davon profitiert Mars. Er verabschiedet sich im Westen gegen Ende der astronomischen Dämmerung. Saturn ist noch etwas länger auf.

Festkörper-Astrophysik

Dass wir über das Innere des Polarsterns besser Bescheid wissen als über das Innere der Erde, muss nicht wundern: Dünne Gase gehorchen einfachen Gesetzen, kondensierte Materie (Festkörper, Flüssigkeiten) komplizierten.

Auch wenn der Masseanteil festen Materials im Kosmos vergleichsweise gering ist – er liegt bei einem Prozent –, feste Stoffe spielen eine Rolle:

(1) Ohne erkaltete Planeten mit ihren Oberflächen gäbe es sicherlich kein Leben, jedenfalls keines, wie wir es kennen!

(2) Bei der Sternentstehung fungiert kosmischer Staub als Geburtshelfer. Er ist ein wichtiger Kühlagenz. Damit ein Stern durch gravitativen Kollaps aus einer kalten interstellaren Gas-Staub-Wolke auskondensieren kann, muss die freiwerdende Energie sofort raus. Staub hilft dabei. Er erhitzt sich und strahlt die „Kondensationswärme“ im Infraroten wieder ab. (Dies gelingt, solange die zusammenschnurrende Wolke für Infrarotstrahlung durchsichtig bleibt.)

(3) Als Katalysator ist kosmischer Staub oberflächenaktiv. Die Bildung molekularen Wasserstoffs (H_2) vollzieht sich an der Oberfläche von Staubteilchen, da die Bildungswärme irgendwohin abgeführt werden muss. Im Kosmos kommen Kohlenstoff (C) und Sauerstoff (O) etwa gleichhäufig vor. Überwiegt C bildet sich Kohlenmonoxid (CO), andernfalls Wasser (H_2O). Doch selbst in einer Wasserstoff-Kohlenmonoxid-Umgebung kann es dank metallischen Staubs zur Wasserbildung kommen – indem dem CO der Sauerstoff katalytisch entrissen und dem Wasserstoff zugespielt wird! Wie beim kommerziellen Fischer-Tropsch-Verfahren wird neben Wasser Methan (CH_4) frei, was den Einstieg in die organische Chemie bedeutet.

Staubteilchen kondensieren aus der Gasphase aus, sobald die Temperatur einen gewissen Wert unterschreitet. Hitzebeständige Stäube bilden sich schon in den Hüllen „rußender“ Riesensterne.

Eise, aus denen sich Kometen zusammensetzen, existieren hingegen nur bei tiefen Temperaturen. Die Forschung zur Bildung kosmischer Festkörper¹ zählt deshalb zur Tieftemperaturastrophysik. Und die ist komplizierter als die Lehre von den Gasen.

Kompliziert ist auch die Theorie der Planetenentstehung. Die Planeten unseres Sonnensystems wurden vor 4,6 Milliarden Jahren durch Einfang und Einbau von kilometergroßen Planetesimalen „montiert“. Doch wie kam es zu den Bausteinen? Zwischen mikroskopisch kleinen Staubpartikeln und Planetesimalen von Kometengröße klafft eine gehörige Lücke, auch in unserem Verständnis. Natürlich stoßen Staubteilchen zusammen, bleiben durch Oberflächenkräfte aneinander haften, wachsen. Doch das Staubwachstum hat seine Grenzen. Wird die Zentimeter-Marke erreicht, prallen die Teilchen bei den dann hohen Relativgeschwindigkeiten ab oder zerstören einander, wie entsprechende Experimente ergaben. Interessant ist der Stoß bei Partnern recht unterschiedlicher Größe. Hier kann der größere auf Kosten des kleineren wachsen, was eventuell die cm-Barriere überwinden hilft.

Vor vier Jahrzehnten glaubte man sich einer Lösung nahe. Im Sonnennebel, einer Akkretionsscheibe mit der Ursonne als Zentrum, sollte sich der behäbige Staub anders als das agile Gas in einer dünnen Schicht absetzen, der Symmetrieebene der Scheibe. Überstiege die Staubdichte dort eine kritische Schwelle, die sog. Roche'sche Grenze, käme es zur gravitativen Klumpenbildung. Die Staubschicht, so meinte man, sollte binnen Jahrtausende – also schlagartig – in Myriaden von kilometergroßen Planetesimalen zerbröseln. Das klang einleuchtend. Leider hatte man die Rechnung ohne die Turbulenz gemacht. Diese wirbelt den Staub auf, so dass es nicht zu der erwarteten starken Konzentration des Staubes zur Mittelebene kommt. Und noch etwas stört: Während der Staub mit Keplergeschwindigkeit den Protostern umrunden muss, will er nicht in den Stern stürzen, reicht dem Gas eine geringfügig geringere Rotationsgeschwindigkeit. Das Gas ist aufgrund der hohen thermischen Geschwindigkeiten der Gasparkeln etwas „druckunterstützt“. Beim druckfreien Staub entfällt diese „Stütze“. Die Staubteilchen spüren infolgedessen heftigen Gegenwind, werden abgebremst und sollten einwärtsspiralen. Auf diese Weise würde der Staub binnen Jahrhunderte nach Innen abtransportiert und die protoplanetare Scheibe ihres Staubs verlustig gehen.

¹Fest bedeutet nicht automatisch auch massiv, wie etwa ein Kieselstein. Die mikrometergroßen Staubpartikeln mögen in ihrer Porosität eher Schneeflocken ähneln denn Körnern. Es sind originär fraktale Gebilde, so eine Art Flusen.

Inzwischen sind Computer hinreichend leistungsfähig, dass man das schwierige Miteinander von Gas und Staub in einer protoplanetaren (oder zirkumstellaren) Scheibe numerisch simulieren kann. Wichtig ist, dass beide sich durchdringenden Medien, Gas und Staub, einander reiben. Diese Kopplung durch Reibung führt zu einer vielversprechenden Strömungsinstabilität². Das Ganze läuft darauf hinaus, dass turbulenzbedingt sporadisch Inseln hoher Staubteilchenkonzentration entstehen, die das Gas dann dominieren, also quasi mit-schleppen, so dass der Gegenwind entfällt. Diese Staubinseln driften dann nicht in Richtung Zentrum ab, sie verhindern sogar das Einwärtsströmen weiteren Staubs, indem sie diesen einsammeln. Gegebenenfalls macht sich die Eigenschwere bemerkbar, und so ein Gebilde kollabiert zu einem (anfänglich noch recht lockeren) Ur-Planetesimal. Dieser Prozess könnte so schnell von-statten gehen, dass es nicht zu dem befürchteten Abströmen des Staubes zum Stern kommt. Das jedenfalls ist die Hoffnung der Computer-Astronomen.

Wie geht es weiter? Nun, in den von Eigenschwere gefangenen Staubwolken werden durch Reibung und Stöße die anfangs beträchtlichen Relativgeschwindigkeiten abgebaut, was zu einer Konsolidierung führt. Sind die Planetesimale massereich genug, kommt es durch radioaktive Wärme (Zerfall von Aluminium-24, Kalium-40, ...) und Impaktheizung zum (partiellen) Aufschmelzen. In den denn bereits kugelförmigen Gebilden sinken schwere Elemente, wie Eisen und Nickel, nach Innen, leichtere wie Silizium und Aluminium „schwimmen“ obenauf. Man spricht von Kernbildung und früher Differenzierung³.

Dank in-situ-Studien von Kometen und Asteroiden werden die Theorien zur Planetesimal- und Planetenbildung testbar. Außerdem, wollten wir nicht schon immer wissen, woher das irdische Nass kommt? Möglicherweise verdankt ja unser „blauer Planet“ seinen bescheidenen Wasservorrat einem heftigen Asteroiden- und Kometenregen gegen Ende des Hadeans.

²Eine vergleichbare Zwei-Strom-Instabilität kennt man aus der Plasmaphysik.

³Dieser Vorgang ist bemerkenswert. Der Aufbau von Unterschieden (Stofftrennung) geht immer einher mit dem Abbau von etwas anderem – meist der Degradierung von nützlicher Energie zu Wärme. Bei der Abwasserreinigung beispielsweise muss Energie aufgewendet werden, welche dabei in Wärme verwandelt wird. (Weshalb es keine Kreislaufwirtschaft geben kann. Recyceln heizt den Planeten!) Bei der spontanen Entmischung in Protoplaneten und Riesenplaneten wird hingegen Energie *freigesetzt*! Bei Jupiter und Saturn setzt sich immer noch Helium ins Innere ab. Die Planetenriesen strahlen deshalb mehr Energie ab, als sie von der Sonne erhalten. Wie so oft wird beim Mitwirken der Schwerkraft die „Alltagsphysik“ auf den Kopf gestellt.