

Ohne Wasser, merkt Euch das,
wär' uns're Welt ein leeres Fass.

aus Luigi Cherubinis Oper „Der Wasserträger“

Liebe Leserin, lieber Leser,

Wasser war für die alten Griechen elementar, das flüssige Element schlechthin. Der Nebelmonat November scheint mir der rechte Ort, über des Wassers Herkunft hienieden nachzudenken. Dazu passend die Meldung auf der Wissenschaftsseite: Komet Hartley 2 enthielt „erdähnliches“ Wasser. Demnach könnten nun doch Kometen, zumindest solche aus dem sog. Kuiper-Gürtel des Sonnensystems, Bringer des Wassers sein.

Bleiben wir beim Wasser. Dass der symbolträchtige Regenbogen auf Reflexion und Lichtbrechung in Wassertröpfchen zurückgeht, diese Erkenntnis wird gemeinhin dem kroatischen Kirchenmann und Gelehrten Marco Antonio Dominis (1560?–1624), auch Markantun de Dominis genannt, zugeschrieben. Die UNESCO feierte im vorigen Jahr seinen 450. Geburtstag. Sein Regenbogen-Traktat wurde 1611 in Venedig publiziert, vor 400 Jahren. Ob es wirklich die erste Erklärung war, sei dahingestellt. Den eigentlichen Grund für die Farbigekeit – die Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Wellenlänge des Lichtes – hat erst das 19. Jahrhundert herausgefunden. Der kürzeste Weg von der Sonne über den Wassertropfen ins Auge hängt von der Farbe ab!

Einen Nebenregenbogen hat wohl jeder schon gesehen. Er entsteht bei zweifacher Reflexion des Sonnenlichts in den Regentropfen. Aber von einem vierfachen hatte ich bis vor kurzem noch nie gehört. Er sei sogar fotografiert und dank digitaler Bildbearbeitung ans Licht gebracht worden. Schon der dreifache ist eine Seltenheit. In der wissenschaftlichen Literatur der vergangenen 250 Jahre werden nur fünf Sichtungen verzeichnet. Wo diese Regenbögen höherer Ordnung am Himmel zu finden sein sollen, hatte bereits Edmond Halley (1656–1742) ausgerechnet gehabt.

Dass es mehrere Regenbögen gibt, birgt ein Problem: Warum wird das eine Photon einmal im Innern eines Tropfens reflektiert, ein anderes aber zweimal

oder gar noch öfters? Für das kausale Denken „überwältigend unbeantwortbar!“. Schon Sir Isaac Newton (1643–1727) war daran verzweifelt.

Wie ich las, waren es die „überzähligen“ Bögen, ein Interferenzeffekt, die um 1800 den „Mann, der alles wusste“, Thomas Young (1773–1829), dazu brachten, das wohl berühmteste Experiment der Physik zu ersinnen, den Doppelspaltversuch. An dessen Deutung hat der Quantenphysiker, sofern ihm an einer Deutung gelegen ist, heute noch zu knabbern. Doch die, wenn man so will, vom „farbigen Abglanz“ (Goethe) initiierte „Wirklichkeitszertrümmerung“ (Benn) ist nicht Gegenstand dieses Kosmos-Boten.

Und noch etwas: Die Drake-Formel wird im November 50. Frank Drake ist ein US-amerikanischer Radioastronom. Aufmerksamkeit erregte er 1960 mit dem Projekt Ozma, der Suche nach außerirdischen Zivilisationen (SETI). In diesem Zusammenhang stellte er seine Gleichung auf. Sie ermöglicht die Abschätzung der Anzahl kommunikationsfähiger und -williger Zivilisationen, ähnlich der unsrigen, in unserer Galaxis. Die Zahlenwerte der meisten der sieben Faktoren sind unsicher oder unbekannt. Möglicherweise fehlt sogar einer, jener, der den Anteil von Planeten in einer habitablen Zone¹ beschreibt, deren Rotationsachse durch einen mächtigen Mond stabilisiert wird. Auf einem Planeten mit wild schlingernder Rotationsachse ist wegen Klimakapriolen kaum mit intelligentem Leben zu rechnen.

Viel Vergnügen mit dem flüssigen Element wünscht Ihnen

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im November

Jupiter beherrscht den Nachthimmel. Vor kurzem erst stand er der Sonne ziemlich genau gegenüber. Nun kulminiert er bereits vor Mitternacht. Ein anderer, Mars, schafft es immerhin bereits vor Mitternacht über dem Horizont zu sein. Und ein „Neuer“ taucht des Morgens im Osten auf – Saturn.

Am 8. November rast „2005 YU55“ – ein 400-m-Erdbahnkreuzer – in weniger als der Mondentfernung an uns vorüber. Zur Freude der Radarastronomen! Sie nutzen die Gunst der Stunde, um hochauflösende Radarbilder zu schießen. Danach ist – voraussichtlich – erst einmal Sendepause. Erst 2029 wird es zu

¹Als „bewohnbare“ Zone bezeichnet man jene Kugelschale um einen Stern, wo Wasser (unter Berücksichtigung des natürlichen Treibhauseffekts) in flüssiger Form auf einem Planeten möglich wäre.

einer noch näheren Begegnung mit dem etwas kleineren Asteroiden 99942 Apophis kommen.

Das diesjährige Leonidenmaximum wird um den 18. des Monats erwartet. Der Mond ist dann im letzten Viertel. Von daher ist nicht mit allzuviel Störung zu rechnen.

Wasser

Wasser ist wichtig. Kein Leben ohne Wasser. Grünpflanzen knacken mit Sonnenlicht das Wasser auf kaltem Wege, wozu ansonsten Temperaturen von Tausenden von Grad notwendig wären; alles was Atem hat, nutzt die biologische Knallgasreaktion. Dabei entsteht Wasser. (Was für das Leben seit Hunderten von Millionen Jahren Alltag ist, die Wasserstoffwirtschaft, wird von einigen Automobilherstellern als Zukunftslösung gepriesen: das Brennstoffzellenauto.) Der Mineraloge und Geochemiker Wladimir Iwanowitsch Wernadski (1863–1945) hat sogar vom Leben als „animiertem“ Wasser gesprochen. Doch auch die Innereien unseres Planeten kommen anscheinend nicht ohne Wasser aus. Es „schmiere“ abtauchende Ozeanplatten, wird erzählt. Vermutlich gibt's *in* der Erde mehr Wasser als auf ihr. (Die Venus, noch trockener als die Erde, kennt keine Plattentektonik. Weil Wasser fehlt?)

Wasser (H₂O) kommt als Molekül häufig vor im Kosmos. Das ist kein Wunder. Wasserstoff (H) ist das häufigste Element überhaupt, und Sauerstoff (O) ist nach dem Helium das dritthäufigste. Gleich darauf gefolgt allerdings vom Kohlenstoff (C), der sich gleichfalls um den Sauerstoff reißt (CO)².

Staub ist auf jeden Fall vonnöten, damit sich Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser (eventuell über Wasserstoffperoxid als Zwischenprodukt) vereinen können. Die freigesetzte Bindungsenergie muss weg, damit die Verbindung hält. So ein Staubteilchen saugt die Reaktionswärme auf und gibt sie als Infrarotstrahlung ab. Wasser kann sich in der Kälte des interstellaren Raumes nur an der Oberfläche von Staubteilchen bilden.

Trotz seiner Allgegenwart (z. B. in Sonnenflecken!) ist Wasser im Kosmos nur schwer nachweisbar. Zum einen ist es bei Temperaturen von wenigen

²In Gegenden, wo Kohlenstoff den Sauerstoff übertrumpft – in den Hüllen rusender Riesensterne beispielsweise –, sollte daher aller Sauerstoff im Kohlenmonoxid gebunden sein. Doch mitnichten! Selbst dort stößt der Astrochemiker kopfschüttelnd auf Wasser. Sollte sich dort an metallischen Stauboberflächen katalytisch Kohlenmonoxid und Wasserstoff in Kohlenwasserstoff und Wasser verwandeln (Fischer-Tropsch-Synthese)?

Grad über dem absoluten Nullpunkt gefroren und zum anderen schaut ja der erdgebundene Astronom durch eine wasserdampfhaltige Atmosphäre. In den Wellenlängenbereichen, wo man spektroskopisch Linienbanden des interstellaren Wassers erwartet, ist die Lufthülle wegen des irdischen Wasserdampfes nahezu undurchsichtig. Nun versteht man, warum sich Millimeter- und Submillimeter-Astronomen zum Beobachten und Messen ins Hochgebirge zurückziehen. Es ist der dünnen und vor allem trockenen Luft wegen. Beispiel ALMA: Das Atacama Large Millimeter Array, befindet sich auf einem Hochplateau in 5000 m Höhe in den Anden. Das gigantische Radiointerferometer nahm Anfang Oktober seinen wissenschaftlichen Probetrieb auf. Die letzte Parabolantenne wird Ende 2012 aufgestellt.

Völlig losgelöst von diesem irdischen Problem sind Infrarotobservatorien im Weltenraum, wie Herschel. Bei einem Protostern wurde Herschel soeben fündig. In der warmen Scheibe aus Gas und Staub um TW Hydrae sublimiert das Eis der eisbedeckten Staubpartikeln und es bildet sich Wasserdampf. Der im Ferninfraroten nachgewiesene Wasserdampf weist auf ein riesiges Eisreservoir hin.

Unser „blauer“ Planet gilt unter Kosmogonen als ausgesprochen wasserarm! Diese Aussage wird verständlich, schaut man sich in sonnenferneren Gefilden des Sonnensystems um. Nehmen Sie die Europa, einen Jupitermond. Sie ist von einem eisbedeckten Ozean von vielleicht 100 km (!) Tiefe umgeben. Kometen bestehen zu einem Großteil aus gefrorenem Wasser. Der Kometenforscher Fred Lawrence Whipple (1906–2004), „Dr. Comet“, hat deshalb 1950 das Wort vom „schmutzigen Schneeball“ geprägt. Wieviel Eis so ein Komet enthält, wird neuerdings heiß diskutiert. Die Kometenoberflächen, die man bisher aus der Nähe hat untersuchen können, sind eher staubig-trocken als eisig-feucht. Liegt das Eis unter der Oberfläche verborgen? Ein Teil der Europäischen Rosetta-Sonde wird 2014 auf dem Kometen Churyumov-Gerasimenko landen. Dann werden wir mehr erfahren.

Dass die Erde zu den „Dörrplaneten“ zählt, hängt mit ihrer Entstehung zusammen. Wegen der Nähe zur Sonne, haben die Bauteile, aus denen sie zusammenmontiert wurde, ihr Wasser vermutlich nicht halten können. Die Erde aus der Entstehungszeit des Sonnensystems haben erst jenseits der Marsbahn die Glut der Sonne überlebt. Woher stammt dann aber das Wasser der Erde? Es ist sekundär, wurde nachträglich herangeschafft, beim Einschlag von Meteoriten. (Das Mondantlitz hat die Spuren des Bombardements der Schöpfungsfrühe bewahrt.) Als Bringer des Wassers sind die Kometen im Gespräch,

allein die „Haarsterne“, deren Wasserdampf man bisher untersucht hatte, wiesen einen viel zu hohen Gehalt an „schwerem Wasser“ auf. In schwerem Wasser ist zumindest eines der Wasserstoffatome durch das Wasserstoffisotop Deuterium (D) ersetzt, also HDO oder D₂O. Nur etwa 10 % des köstlichen Nass könne daher, so mutmaßte man, kometares Ursprungs sein. Der Hauptteil gehe auf wässrige Asteroiden zurück.

Wie nun einem Brief an *Nature* zu entnehmen ist, hat man sich bisher eventuell bloß nicht die richtigen Kometen angeschaut gehabt. Das Wasser des Kometen 103P/Hartley 2, eines Mitglieds der sog. Jupiterfamilie, ähnelt, nach seinem Schwerwassergehalt zu urteilen, nämlich durchaus dem irdischen. Alle zuvor untersuchten sechs Kometen kamen aus der Oortschen Kometenwolke, der „neue“ hingegen stammt aus dem Kuipergürtel, jenem eisigen Gefilde gleich hinter'm Neptun.

Die vermutete Oortsche Wolke aus Myriaden Kometen, die das Sonnensystem kugelförmig umgibt, verdankt ihr Dasein dem Jupiter und den beiden anderen Gasriesen: Uranus und Neptun. Nachdem sich diese gebildet hatten, wurde der übriggebliebene „Bauschutt“ kurzerhand gravitativ hinwegkatalpultiert. Einiges stürzte in die Sonne, der Rest bildet nun die Lichtmonate messende Wolke. Nur hin und wieder, ausgelöst durch die galaktischen Gezeiten oder den Vorbeiflug eines Nachbarsterns, findet so ein Komet zurück ins Innere des Sonnensystems, wo er dann, wie Hale Bopp, als langperiodischer Komet seine Bahn zieht.

Die Kometen des Kuipergürtels, des zweiten großen Kometenreservoirs, entstammen hingegen unmittelbar jener einst mächtigen Gas-Staub-Scheibe, aus der die Planeten und Kleinplaneten hervorgingen. Der kümmerliche Rest dieser Scheibe dürfte nur wenige Lichtstunden (50 Astronomische Einheiten) messen. Die Bahnen der Kuiperianer verraten deren Herkunft. Sie sind nur wenig gegen die Hauptebene des Planetensystems geneigt und werden rechtläufig durchlaufen.