

## Liebe Leserin, lieber Leser,

falls Sie schon immer einmal wissen wollten, was ein „Schwarzer Schwan“ ist, nun wissen Sie's: ein rares Ereignis mit apokalyptischem Potential! Den Begriff populär gemacht, hat 2007 der Finanzmathematiker, Wissenschaftstheoretiker und Autor Nassim Nicholas Taleb (geb. 1960). Ein Schwarzer Schwan, eine Krise, die aus heiterem Himmel hereinbricht und alles verändert, zerreißt den Schleier, der unseren Blick auf die Wirklichkeit normalerweise weichzeichnet. Vertrieben aus dem heimeligen „Mediokristan“, dem Land des milden Zufalls und des Sich-etwas-Vormachens, findet man sich unverhofft nach „Extremistan“ versetzt, wo es turbulent zugeht und der „wilde“ Zufall regiert. Auf kosmische Schwarze Schwäne kommen wir zu gegebener Zeit zurück, im Post-Coronavirus-Zeitalter.

Am 28. Februar verstarb eine Ikone der Physik, der All-Round-Wissenschaftler Freeman John Dyson (geb. 1923). Der Astronom verbindet mit seinem Namen die „Dyson-Sphäre“. Diese Idee wird 60. Es geht um den Nachweis extraterrestrischer Superzivilisationen. Man denkt dann an Radioteleskope, die Nachbarsterne abhören. Aber Dyson verwies auf etwas Fundamentales: den Energiehunger. Jede technisch fortgeschrittene Zivilisation muss<sup>1</sup> sich, sofern es überhaupt dazu kommt, durch Abwärme verraten. Energie ist ja eine Erhaltungsgröße. Um ihr Werk zu verrichten und nicht gleich wieder zu vernichten, muss sie Platz machen. Sie muss „raus“ ins All – als Infrarotstrahlung. Auf der Erde könnten wir maximal ein halbes Milliardstel der Strahlungsleistung unserer Sonne nutzen, weil der Planet so klein ist und halt nur wenig Sonne abbekommt. Umgbe man aber die Sonne mit einer Kugelschale<sup>2</sup>, stnde einer solchen Typ-II-Superzivilisation deren gesamte Leuchtkraft,  $4 \cdot 10^{26}$  Watt, zur Verfügung. Bei einem Kugelradius von 2 AE, also 300 Millionen Kilometern, hätte die künstliche Biosphäre die Durchschnittstemperatur der Erde. Das Strahlungsmaximum lge im nahen Infrarot bei  $10 \mu\text{m}$ . Wie man inzwischen weiß, hat die Natur selbst ein Faible für „Dyson-Sphären“: Es gibt Sterne und sogar Quasare, also aktive Galaxienkerne, die

---

<sup>1</sup>Selbst wenn man allem Materiellen entsagte und geistigem Genuss nur frnte: Abwärme ist unvermeidbar! Auch Information und Kommunikation heizen den Planeten.

<sup>2</sup>was himmelsmechanisch kein Problem bereitete

sich mit dicken staubigen Hüllen (oder Scheiben) umgeben und hell im Infraroten leuchten. (Als in den 60ern die Quasare aufkamen, dachten einige sofort an Nikolai Semjonowitsch Kardaschows Typ-III-Superzivilisationen. Der russische Radioastronom und SETI-Pionier Kardaschow, 1932–2019, hatte 1964 diese Klassifizierung einer Superzivilisation nach deren Energieverbrauch populär gemacht.)

Vor 30 Jahren, am 24. April 1990, erfolgte der Start des legendären Hubble-Weltraumteleskops. Sein Hauptspiegel misst 2,4 m im Durchmesser und ist damit genauso groß wie das Teleskop, welches Edwin P. Hubble (1889–1953) vor hundert Jahren für seine bahnbrechenden Arbeiten verwendete. Die Vorteile eines Weltraumteleskops liegen auf der Hand: Außerhalb der Lufthülle sind die Abbildungen gestochen scharf (beugungsbegrenzt), was die Reichweite enorm erhöht, und es kann auch im UV-Bereich genutzt werden, einem Kanal, für den die Lufthülle wegen des Ozons undurchsichtig ist. (Was Astronomen zwar bedauern, aber für uns Menschen gut ist.) Nach anfänglichen Schwierigkeiten mit der Optik war und ist Hubble außerordentlich erfolgreich. Geistiger „Vater“ des NASA-Teleskops ist Lyman Spitzer Jr. (1914–1997). Spitzer ist dem Astronomen geläufig als Theoretiker der interstellaren Materie, wo er seine Kenntnisse als Plasmaphysiker einbrachte, dem Physiker als Erfinder des Stellarators, einer Kernfusionsmaschine mit magnetischem Plasmaeinschluss. Das war 1951 und seinerzeit streng geheim. Eine Versuchsanlage („Wendelstein 7-X“) dieses Typs wird vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Greifswald betrieben. Nach Lyman Spitzer ist ein weiteres Großobservatorium im All benannt, das NASA-Infrarot-Observatorium, welches von 2003 bis Anfang dieses Jahres den Infrarothimmel von einer (erdnahen) Sonnenumlaufbahn aus observierte, und das ebenfalls sehr erfolgreich.

Vor einhundert Jahren, am 26. April 1920, kam es im National Museum of Natural History in Washington zu einem denkwürdigen akademischen Schlagabtausch zwischen zwei Koryphäen: Harlow Shapley (1885–1972) und Heber Doust Curtis (1872–1942).

Machen Sie das beste aus der Lage, freuen Sie sich auf Ostern!

Ihr Hans-Erich Fröhlich

## Der Himmel im April

Venus herrscht über den Abendhimmel. Am Monatsende, am 28. April, strahlt sie im hellsten Glanze. Sie ist dann zehnmal heller als Jupiter am Morgenhimmel. Anfang April streift sie das Siebengestirn (Plejaden) im Stier, was einen reizvollen Anblick verspricht. Die Hyaden wird sie auch besuchen, aber erst nachdem sie im Sommer die Sonnenseite gewechselt hat, – als Morgenstern. Zum Jupiter gesellen sich Kollege Saturn, wie jener ein Riesenplanet, und der kleine Mars. Alle drei bekommen Mitte des Monats Besuch vom abnehmenden Mond.

Vollmond ist am 8. April. Da dies der erste Vollmond nach dem kirchlichen Frühlingsanfang ist, steht dem Osterfest am darauffolgenden Sonntag astronomischerseits nichts im Wege.

Und es gibt Hoffnung auf einen Kometen für den Nordhimmel! Ende Dezember tauchte er aus dem Nichts auf, C/2019 Y4 (ATLAS<sup>3</sup>). Ende Mai wird er in 2/3 des Merkurabstands an der Sonne vorbeieilen. Zuvor durchheilt er die Sternbilder Camelopardalis (Giraffe), Perseus und Stier. Die Giraffe ist zirkumpolar und zu jeder Jahreszeit sichtbar. Das Erfreuliche an dem Kometen: Seine Helligkeit nimmt schneller zu als erwartet. Er könnte sich zu einem Hingucker mausern, aber bei diesen Gesellen weiß man das im Voraus nie. Seine Bahn ist mit einer Exzentrizität von 0,99919 nahezu parabolisch langgestreckt. Die Umlaufzeit wird auf 5 1/2 Jahrtausende beziffert.

## Die Große Debatte

Versetzen wir uns ins Jahr 1920. Dass wir aus dem Zentrum des Sonnensystems vertrieben sind, war längst verwunden, Geschichte. Doch wie steht's mit dem Milchstraßensystem? Wie jeder Weitgereiste weiß, umrundet das Band der Milchstraße ziemlich gleichmäßig den gesamten Himmel, und zwar in einem Großkreis, dem glaktischen Äquator. Leicht erliegt man dem Eindruck, im Mittelpunkt eines größeren Ganzen zu sein, der Galaxis. Dem widersprach eine Beobachtung von großer Tragweite: Die Kugelsternhaufen sind nicht gleichmäßig über dem Himmel verteilt, ein Drittel aller Haufen entfällt allein auf das Sternbild des Schützen. Harlow Shapley, der sich vom Reporter zum Direktor der Harvardsternwarte emporgearbeitet hatte, vermutete

---

<sup>3</sup>Das Apronym steht für *Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System*.

zu recht dort das Zentrum der Galaxis – 50 000 Lichtjahre<sup>4</sup> von der Sonne entfernt. Das macht uns – wieder einmal – zu Randexistenzen. Außerhalb des Shapley’schen „Inseluniversums“ gab’s übrigens nichts.

Doch wohin gehören dann jene „Nebel“, die wegen ihres charakteristischen Aussehens „Spiralnebel“ genannt werden? Sie leuchten nicht wie die hellen Gasnebel, etwa der Orionnebel (M 42), im Lichte bestimmter Spektrallinien, sondern weisen, wie Sterne, ein kontinuierliches Spektrum auf mit Absorptionen. Im Herbst kann man sich am großen Nebel in der Andromeda erfreuen, der Nummer 31 in Charles Messiers (1730–1817) Nebelkatalog.

Spiralnebel bevölkern mehr oder weniger gleichförmig das Firmament, meiden aber das Band der Milchstraße. Gehören sie also, wie die Emissionsnebel, zu unserer Galaxis oder sind sie *e x t r a g a l a k t i s c h*? Mr. Curtis jedenfalls hielt sie für eigenständige Galaxien, ebenbürtige Geschwister der unsrigen, womit er recht behalten sollte.

Sonderbar war, dass Denkern, wie Thomas Wright (1711–1786) und Immanuel Kant (1724–1804), Astronomen, wie Wilhelm Herschel (1738–1822), um nur einige zu nennen, längst intuitiv klar war, dass es sich bei den „Weltinseln“, wie Alexander von Humboldt (1769–1859) sie nannte, um außergalaktische Sternansammlungen handele, die in Einzelsterne aufzulösen unsere Teleskope noch zu schwach seien. Dann tauchten Fakten auf, die dem zu widersprechen schienen: Man glaubte beispielsweise, bei der majestätischen „Feuerradgalaxie“ (M 101) mit fotografischen Mitteln eine interne Drehbewegung gemessen<sup>5</sup> zu haben. Legen wir die heutige Entfernung zugrunde, 20 Millionen Lichtjahre, müsste das „Rad“ an seinem Rande mit sechsfacher Lichtgeschwindigkeit rotieren, um binnen 85 000 Jahren eine Umdrehung zu schaffen! Das konnte nicht sein. Folglich musste M 101 wie die Kugelsternhaufen zum galaktischen Inventar gerechnet werden. Zur „Nova“, die 1885 nahe dem Zentrum des Andromedanebels aufflammte, kommen wir noch.

Die „Große Debatte“ hatte, wie sich herausstellen sollte, keinen Sieger. Beide Kontrahenden lagen z. T. falsch und beide hatte z. T. recht. Harlow Shapley hatte, indem er sein Augenmerk auf die Verteilung der Kugelsternhaufen an der Sphäre und im Raum legte – er bestimmte deren Entfernungen – recht mit seiner Behauptung, wir befänden uns nicht, wie der Anschein lehrt, im Zentrum der Galaxis, was Curtis annahm. Dafür hatte Heber Curtis eine

---

<sup>4</sup>Heute spricht man von „nur“ 30 000 Lichtjahren.

<sup>5</sup>Dass die Dinger rotieren müssen, war schon Immanuel Kant 1755 klar gewesen. Aber doch bitte nicht so schnell! Die zu Beginn des 20. Jh. spektroskopisch ermittelten Rotationsgeschwindigkeiten einiger Nebel erreichen 100 km/s und mehr.

grandiosere Sicht auf das Universum, auch wenn er damit „unsere“ Galaxie, die Galaxis, zu einer unter vielen degradierte.

1929 waren wir wieder Mittelpunkt! Edwin Hubble, der 1923/24 ein für alle Mal die extragalaktische Natur des Andromedanebels (M 31) bewiesen hatte, fand heraus, dass kosmologisch betrachtet das All auseinanderstiebt. Alle fernen Galaxien – nicht aber M 31! – scheinen uns zu fliehen, und zwar um so schneller, je weiter sie bereits von uns entfernt sind. Sie müssen vor mehreren Milliarden Jahren alle hier gewesen sein! Das mit dem Mittelpunkt muss der Schreiber sofort relativieren: Das Hubble'sche Expansionsgesetz ist nämlich jenes, das keinen Ort im expandierenden Raum auszeichnet. Prof. Kippenhahn (geb. 1926) aus Göttingen verweist auf einen aufgehenden Hefekuchen mit Rosinen. Beim Aufblähen entfernt sich jede Rosine von jeder – gemäß dem Hubble-Gesetz. Bisher wähnte sich noch jede Rosine im Zentrum ihrer Kuchenwelt.

Warum fiel es so schwer, zur Wahrheit vorzudringen? Da wäre als Hindernis der Staub zu nennen, der in der Milchstraßenebene konzentriert ist und den Blick versperrt. Zwar kannte man Dunkelwolken, wie den „Kohlensack“ nahe dem Kreuz des Südens oder den Pferdekopfnebel im Orion, doch das waren lokalisierbare Gebilde. Die generell lichtschwächende Wirkung des Staubs wurde aber lange unterschätzt. Die Lichtschwächung vor dem galaktischen Zentrum macht 25 bis 30 Größenklassen aus. Nur jedes Billionste Photon von dort dringt bis zu uns durch! Optisch sind die zentralen Partien der Galaxis unsichtbar<sup>6</sup>. Kein Wunder also, dass wir uns im Zentrum wähen: Im Nebel ist man Mittelpunkt! Was wir von unserer eigenen Galaxis zu Gesicht bekommen ist nur ein Ausschnitt. Er reicht in der Mittelebene nicht bis zum Zentrum. Shapley hatte mit seinen Kugelsternhaufen einen guten Griff getan. Die sind meist weit von der galaktischen Ebene entfernt, so dass die Lichtabsorption bei ihnen nicht die Rolle spielt. Allerdings überschätzte Shapley den Abstand zum galaktischen Zentrum durch Unterschlagung der Absorption. Er macht das heimatliche Sternsystem fast doppelt so groß als es tatsächlich ist. Das sei ihm verziehen. Wichtig ist, dass Shapley als erster die wahre Größe des Systems erkannte. Alle seine Vorgänger und auch Heber Curtis waren von einer um eine Größenordnung kleineren Galaxis ausgegangen.

Interstellarer Staub erklärt die „nebefreie“ Zone beiderseits des galaktischen Äquators. (Bei fernen Spiralgalaxien in Kantenstellung macht sich deren

---

<sup>6</sup>„Baades Fenster“, vier Grad vom Zentrum entfernt, ist eine Ausnahme. Dort kann man zumindest am galaktischen Zentrum vorbei schießen.

dünne Staubschicht als Absorption bemerkbar. Bewohner dieser Sternsysteme, die sich wie wir nahe der Mittelebene befinden, können uns nicht sehen, da wir uns in deren nebelfreien Zone verstecken.) 1968 entdeckte der Italiener Paolo Maffei (1926–2009) im Infraroten, wo sich die Lichtschwächung weniger bemerkbar macht als im Sichtbaren, in der Cassiopeia, oberhalb von  $h+\chi$  Persei, zwei Galaxien, die den Astronomen bisher entgangen waren – und zwar beileibe keine kleinen Galaxien! Maffei-1 ist eine Riesen-E-Galaxie und Maffei-2 eine Balkenspirale. Sie gehören einer kleinen Galaxiengruppe an. Beide wären, gäbe es keinen kosmischen Staub, hundertmal heller und zählten unter die zehn scheinbar hellsten Galaxien am Himmel überhaupt.

Zum Staub gesellt sich ein weiteres Problem: Man muss die Strahlungsleistung eines Sternes kennen, will man photometrisch seine Entfernung bestimmen. Da aber gibt es riesige Unterschiede! Einige wenige strahlen 100 000mal heller als die Sonne, die Mehrheit schafft keine Sonnenleuchtkraft. (Die Leuchtkraft der Sterne ist ähnlich ungerecht verteilt, wie der Reichtum unter den Menschen: „man siehet die im Lichte, die im Dunkeln sieht man nicht.“ Willkommen in Nassim Nicholas Talebs „Extremistan“!) Leider sieht man einem Stern seine Kilowatt nicht so ohne weiteres an. Diese benötigt man aber, um aus seiner scheinbaren Helligkeit auf die Entfernung zu schließen. So leuchtete im August 1885 nahe dem Zentrum des Andromedanebels ein „neuer“ Stern auf, eine Nova, wie man meinte. Sie erreichte kurzzeitig die 6. Größe und war damit gerade noch mit bloßem Auge sichtbar. In Wirklichkeit aber handelte es sich bei S Andromedae um eine Supernova (SN 1885A). Supernovae aber sind 100 000mal heller als Novae, was man aber erst seit 1934 weiß. Hätte man das ein halbes Jahrhundert vorher gewußt, wäre allen sofort klar gewesen, dass der große Nebel in der Andromeda sich jenseits der Galaxis befinden und etwas sein muss, dass von der Größe her vergleichbar mit dem Milchstraßensystem ist.

Für Astronomen sind pulsierende Riesensterne ein Segen! Sie sind weithin sichtbar, und ihre Periode verrät ihre wirkliche Helligkeit, ihre Strahlungsleistung in kW. (Das Problem ist die Eichung. Riesensterne sind selten und in unserer unmittelbaren Nachbarschaft befindet sich leider kein einziger.) Shapley bediente sich u. a. sog. RR-Lyrae-Sterne in galaktischen Kugelsternhaufen, um Haufenentfernungen zu bestimmen. Berühmter noch sind ihre helleren Verwandten, die  $\delta$ -Cephei-Sterne. Einmal geeicht<sup>7</sup> dienen sie den

---

<sup>7</sup>Die Eichung der Perioden-Leuchtkraft-Beziehung von  $\delta$ -Cephei-Sternen mittels säkularer Parallaxen gelang 1913 in Potsdam dem Dänen Enjar Hertzsprung (1873–1967).

Astronomen als „Standardkerzen“ für das Ausloten der extragalaktischen Umgebung.

1922 fand man fotografisch die ersten Veränderlichen im Dreiecksnebel (M 33). Nun machte sich der 35jährige Hubble ans Werk. Mit dem 2,5-m-Hooker-Spiegel auf dem Mt. Wilson löste er die Randgebiete von M 31 und M 33 sowie die irreguläre Zwerggalaxie NGC 6822 in Einzelsterne auf, darunter Cepheiden. Ihr Lichtwechsel unterschied sich in nichts von dem hiesiger  $\delta$ -Cephei-Sterne vergleichbarer Periode, bloß dass sie viel weiter weg sind. Um bis zu uns zu gelangen ist das Licht vom Andromedanebel über zwei Millionen Jahre unterwegs! Die Große Debatte war damit Geschichte.