

Nur dem Anschein nach ist die Zeit ein Fluss. Sie ist eher eine grenzenlose Landschaft, und was sich bewegt, ist das Auge des Betrachters.

Thornton Wilder (1897–1975)

## Liebe Leserin, lieber Leser,

vor 450 Jahren, im November 1572, erschien für 1 1/2 Jahre ein „neuer“ Stern am Himmelszelt. Was da im Sternbild Cassiopeia hell wie die Venus aufflammte, war nach heutigem Wissensstand eine Ia-Supernova. Der „Tychonische Stern“ machte seinen Entdecker, den jungen adligen Dänen Tycho Brahe (1546–1601), weltberühmt.

Möglicherweise handelte es sich um etwas Seltenes, das Verschmelzen zweier weißer Zwerge, wodurch die Maximalmasse eines (kugelförmigen) Himmelskörpers überschritten wurde, welcher vom Entartungsdruck der Elektronen getragen werden kann. Von der thermodynamischen Detonation kündigt eine schnell expandierende Kugelschale. Die Quelle 3C 10 strahlt auf allen Kanälen, vom Röntgen- bis zum Radiobereich.

Am 18. November 1922 verstarb in Paris der Romancier Marcel Proust (geb. 1871). Ihn machte seine siebenbändige „Suche nach der verlorenen Zeit“ berühmt. Das Bild von Zeit, das er entwarf – weshalb er hier Erwähnung findet –, erinnert an Einsteins Auffassung eines (wie es 1884 der Theologe William James (1842–1910) abwertend nannte) „Blockuniversums“. Um die „wahre“ Zeitauffassung wurde damals heftig in der Öffentlichkeit gestritten, und das nicht frei von Politischem. Am 6. April 1922 trat Albert Einstein (1879–1955) gegen den einflussreichen Lebensphilosophen, Gedächtnisforscher und späteren Literaturnobelpreisträger Henri-Louis Bergson (1859–1941) in den Ring. Laut Bergson degradieren Einstein die schöpferische Zeit („Dauer“), die ein Wesensmerkmal des Lebendigen und des aktiven Geistes sei, zu einem Anhängsel des „seelenlosen“ Raums. Die Spezielle Relativitätstheorie verräumlicht<sup>1</sup> in der Tat die Uhrzeit, ohne ihr indes das (mathematisch) Besondere zu nehmen<sup>2</sup>. Und Einstein konnte Zeit gegen Raum eintauschen, was die strikte Trennung von Raum und Zeit durch die Philosophen *ad*

---

<sup>1</sup>Kurze Zeitspannen misst man am besten in Millimetern: 1 ps [Pikosekunde] = 0,3 mm.

<sup>2</sup>Das hat erst Stephen Hawking (1942–2018) getan, indem er trickreich eine imaginäre Zeit einführte.

*absurdum* führte! Von einem g l o b a l e n „Jetzt“ zu sprechen, macht keinen Sinn. Das Universum ist keine Abfolge von Gegenwarten! So etwas wirft Fragen auf, z. B., ob „freier Wille“ in einem deterministischen Blockuniversum *à la* Einstein denkbar sei.

Der mit Bergson verschwägerte Proust äußert gegenüber einem befreundeten Physiker: „Wie gern würde ich mit Ihnen über Einstein sprechen! Man mag mir ruhig schreiben, ich hätte dieses von ihm oder er jenes von mir, ich verstehe trotzdem kein Wort seiner Theorien, da ich von Algebra keine Ahnung habe. Und umgekehrt bezweifle ich, dass er meine Romane gelesen hat. Wir scheinen in ähnlicher Weise die Zeit zu verformen. Aber selbständig kann ich das nicht herausfinden, denn ich bin nur ich, und wir kennen einander nicht einmal, und ich kann es auch ihm nicht darlegen, denn er ist ein großer Geist in Wissenschaften, von denen ich nichts weiß und bei denen ich schon in der ersten Zeile von Zeichen gestoppt werde, die ich nicht kenne.“

Bereits am 9. November desselbigen Jahres gab's ein Reichspatent für ein „Verfahren zur Herstellung von Kuppeln und ähnlich gekrümmten Flächen aus Eisenbeton“. Ein selbsttragendes Netzwerk aus „verknöteten“ Eisenstäben diente sowohl als Bewehrung als auch als Halterung für eine versetzbare Holzschalung. In der nur wenige Zentimeter starken Hülle aus Betonspritzguss treten nur (tangentielle) Membrankräfte auf, also kaum Biegekräfte.

Die erste „Geodätische Kuppel“ der Welt, basierend auf einem Ikosaeder, welches durch zusätzliche Dreiecksflächen *peu à peu* „kugeliger“ gemacht wurde, errichtete im Jahr darauf die Dyckerhoff & Widmann AG auf dem Dach des Jenaer Zeiss-Werks. Die provisorische 16-m-Kuppel bot eine halbkugelförmige Projektionsfläche für den weltweit ersten Planetariumsprojektor. Beides, Projektor und Kuppel, hatte der Physiker und Chefingenieur Walther Bauersfeld (1879–1959) ersonnen. Nach der Erprobung ging das Gerät an das Deutsche Museum in München, den Auftraggeber. Die Jenaer kamen erst im Juli 1926 in den dauerhaften Genuss des „Wunders von Jena“. Die Planetariumskuppel in Leichtbauweise am Fuße des Griesbach'schen Gartens überspannt 25 m.

Bekannt gemacht hat die „Geodätische Kuppel“ der US-amerikanische Architekt Richard Buckminster Fuller (1895–1983). Als sein Hauptwerk gilt der amerikanische Pavillon auf der Weltausstellung in Montreal 1967.

Fullers Konstrukte haben es bis in den interstellaren Raum geschafft. Die größten Gasmoleküle dort sind sog. Fullerene wie das Hohlmolekül  $C_{60}$ . Als Produktionsstätten dieser „Buckyballs“ kommen „rußende“ Riesensterne in

Betracht, aber auch UV-bestrahlte Molekülwolken. Jenaer Astronomen haben sich von je her für die sog. DIBs interessiert, das sind diffuse unidentifizierte Spektralbanden interstellaren Ursprungs. Dass für Nah-Infrarot-Banden des Rätsels Lösung in der Konstruktion der nahegelegenen Kuppel des Jenaer Planetariums zu suchen ist, darauf muss man erst einmal kommen!

Vor 30 Jahren, am 5. November 1992, verstarb der Niederländer Jan Hendrik Oort (geb. 1900). Seine astronomischen Leistungen können hier nicht in Gänze gewürdigt werden. Nur so viel: Er gilt als „Erfinder“ der sog. Oort-Cloud. Die Oort’sche Kometenwolke – man spricht von wenigstens 100 Milliarden Kometenkernen! – stellt mit Abstand das größte Bauelement des Sonnensystems dar. Der Außenrand reicht über ein Lichtjahr weit in den interstellaren Raum und unterliegt damit dem gravitativen Einfluss vorbeiziehender Sterne und interstellarer Wolken. Den Innenrand der Oort’schen Wolke bei 2000 AE dürfte Voyager 1 in ca. 300 Jahren erreichen. Die Umlaufzeiten betragen damit wenigstens *à la* Kepler  $1000^{3/2} = 10^{4,5}$  Jahre. Hin und wieder schert – aufgrund einer gravitativen Störung – ein Kometenkern (ev. ein ganzer Schwarm davon) aus und gelangt auf einer parabelnahen Bahn ins innere Sonnensystem. Wir nehmen ihn als Zeitreisenden war, der vorbeischaut und hernach auf Nimmerwiedersehen in den Tiefen des Alls entschwindet. Es war die Existenz solcher Kometen ohne Bezug zur Hauptebene des Planetensystems und mit langen Umlaufzeiten, die 1950 Jan Hendrik Oort auf die Notwendigkeit einer gravitativ nur locker gebundenen Kometenwolke von wenigen Erdmassen brachte. Es bedurfte eines Reservoirs für diese „schmutzigen Schneebälle“.

Der diesjährige Nobelpreis für Physik ging an drei Quantenphysiker<sup>3</sup>, Experimentalphysiker, die sich mit einer ungewohnten Seite der (für uns Menschen erfahrbaren) Realität befassen, die für diese Leute inzwischen Alltagserfahrung ist: die Quantenverschränkung. Weil sie Anlass zu „spukhafter Fernwirkung“ gäbe, so Einstein (1879–1955) in einem Brief an den befreundeten Physiker und Widersacher Max Born (1882–1970) aus dem Jahre 1947, zweifelte er an der gesamten Quantenmechanik. (Sein Argument, instantane Fernwirkung widerspräche der Existenz einer Grenzgeschwindigkeit für den Informationsaustausch, verfängt nicht, da keinerlei Information übertragen wird.) Bei einem verschränkten Teilchenpaar haben die beiden Partner keine voneinander unabhängige Existenz, egal wie weit sie räumlich voneinander

---

<sup>3</sup>den US-Amerikaner John Clauser (geb. 1942), den Österreicher Anton Zeilinger (geb. 1945) und den Franzosen Alain Aspect (geb. 1947)

getrennt sind. Es braucht noch Zeit, bis man sich auch daran wird gewöhnt haben.

Nachtrag: Durch den Aufprall von DART wurde übrigens die Umlaufzeit des Dimorphos um den Didymos stärker verkürzt als von der NASA erhofft – nämlich um  $32 \pm 2$  Minuten. Offenbar spielte der Rückstoßeffect eine weitaus wichtigere Rolle als zunächst angenommen. Daraus lässt sich auf die Beschaffenheit des Mündchens schließen. Den Einschlagkrater wird die europäische Raumsonde Hera, läuft alles nach Plan, im Dezember 2026 beäugen.

Aus der Oort'schen Wolke kommt gelegentlich Besuch! Dazu gleich mehr. Viel Spaß bei der Lektüre wünscht

Hans-Erich Fröhlich

## Der Himmel im November

Die beiden inneren Planeten Merkur und Venus verbergen sich im November hinter bzw. im Glanz der Sonne.

Mars nähert sich seiner Opposition, die beiden Großen, Jupiter und Saturn, haben die ihre hinter sich und ziehen sich aus der zweiten Nachthälfte zurück. Jupiter beendet am 24. November mit dem Stillstand seine Oppositionsphase.

Uranus befindet sich zwar am 9. November der Sonne gegenüber und könnte als Objekt 5,6ter Größe gerade noch mit bloßem Auge gesehen werden, doch leider stört der Mond an diesem Tag. Der steht tags zuvor in „Opposition“ (Vollmond).

## Besuch aus der Oort'schen Wolke

In der Morgendämmerung des 22. Februar 2021 huschte mit 62 km/s eine Feuerkugel (Bolid) über den Himmel der kanadischen Provinz Alberta. Dank vieler Sichtungen, u. a. Videoaufzeichnungen von Überwachungskameras, konnte die Flugbahn rekonstruiert werden. Der 2-kg-Körper, der rückstandslos in der Erdatmosphäre verdampfte, kam aus der Oort'schen Wolke.

Was daran bemerkenswert ist? Der Meteoroid bestand *n i c h t* aus Kometeneis! Er durchstieß die Atmosphäre wie ein Stein, d. h., er zerbrach wie ein solcher erst in dichteren Luftschichten. Eismeteoroider zerlegt es in weit höheren Höhen. Wie Nachforschungen ergaben, war 1979 schon einmal ein

Stein vom Himmel gefallen, dessen parabelnahe Bahn auf die Oort'sche Wolke verwies – ein 20-g-Steinchen. Man kann geteilter Meinung sein über die Aussagekraft von zwei „Fällen“. Nimmt man sie ernst, könnten zwischen einem und 20 Prozent des Materials dort draußen steiniger Natur sein, also Asteroidenstoff. Sollten sie aus dem inneren<sup>4</sup> Asteroidengürtel stammen, wer hat sie von dort vor 4,6 Milliarden Jahren nach draußen verfrachtet?

Als Gravitations„schleuder“ kommt nur ein Großplanet in Frage, Jupiter. Dazu müsste der allerdings, wenige Millionen Jahre nach Bildung des Planetensystems, näher an der Sonne gewesen sein als heute! Nur so konnte er steiniges Material aus dem inneren Sonnensystem hinweg befördern.

Dass Großplaneten nicht unbedingt dort verweilen, wo sie entstanden sind, belegen die „hot Jupiters“, die bei der spektroskopischen Suche nach extraterrestrischen Planeten anfallen, massereiche Exoplaneten mit unerwartet kurzer Umlaufzeit, die ihren Mutterstern messbar periodisch wackeln machen. Im Falle von 51 Pegasi B („Dimidium“) beispielsweise, entdeckt vor nunmehr 27 Jahren, beläuft sich die Umlaufzeit auf nur 4,23 Tage. Er kann sich unmöglich so dicht, 0,052 AE<sup>5</sup>, am Mutterstern 51 Pegasi („Helvetios“) gebildet haben. Auch er kam von weiter draußen.

In der turbulenten Frühzeit des Sonnensystems mag sich Vergleichbares abgespielt haben. Vielleicht sind ja die paar Planeten von heute nur der klägliche Rest einer einst mächtigen Population. Zur Wanderung kommt es durch Wechselwirkung des Planetenembryos mit dem Urnebel aus Gas und Staub, der protosolaren Scheibe, aus dem er hervorgegangen ist. Es gibt numerische Simulationen des Ursonnensystems, wo ein infantiler Jupiter der juvenilen Sonne bis auf Marsentfernung auf die Pelle rückt und dann eine Kehrtwende vollzieht. Dabei spielen himmelsmechanische Resonanzen mit dem Saturn, der mitwandert, eine Rolle. Gegenwärtig sind die beiden Großplaneten in einer 5:2-Bahnresonanz gefangen. Auf zwei Saturn- entfallen fünf Jupiterjahre.

---

<sup>4</sup>Nur diesseits der sog. „Eislinie“, bei vielleicht 2,7 AE, haben sich im Sonnennebel eisfreie Festkörper bilden können.

<sup>5</sup>Zum Vergleich: Die NASA-Sonnensonde „Parker“ soll sich unserem Zentralgestirn bis auf 0,047 AE (Zentrumsabstand) nähern.