

Ein Jegliches hat seine Zeit. (Prediger 3, 1)

Liebe Leserin, lieber Leser,

vor 350 Jahren, kurz vor Weihnachten 1672, entdeckte Giovanni Domenico Cassini (1625–1712), seit 1669 Direktor des neuen Pariser Observatoriums und Begründer einer Astronomendynastie, die Rhea. Rhea ist nicht sein einziger Saturnmond. Auch auf sein „Kerbholz“ gehen: Iapetus (1671) sowie Dione und Tethys (beide 1684). Und die Cassinische Teilung (1675) ist auch sein „Werk“.

Vor 80 Jahren begann in Chicago das „Atomzeitalter“. Am Uran-Meiler „CP-1“ kam es am 2. Dezember zur ersten sich selbst erhaltenden, gesteuerten Kettenreaktion. Erst drei Jahre zuvor war am Dahlemer Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie von Otto Hahn (1879–1968) und Mitarbeitern die Kernspaltung entdeckt worden. Präsident Roosevelt (1882–1945) empfing die erlösende Nachricht „The Italian navigator has landed in the new world.“. Der „Italiener“ war kein geringerer als Enrico Fermi (1901–1954), ein brillanter Kernphysiker, der es vorzog, nach der Entgegennahme des Physiknobelpreises 1938 in Stockholm, nicht in Mussolinis Italien zurückzukehren, zumal seine Frau Jüdin war.

Vor einem Jahr, am 24. Dezember 2021, hinterließ ein Meteoriteneinschlag einen Marskrater von ca. 150 m Durchmesser in einer Tiefebene (Amazonis Planitia). Die Erschütterung versetzte den Roten Planeten in heftige Schwingungen. Die seismischen Wellen wurden vom 3460 km entfernten InSight Lander der NASA registriert und erlauben Einblicke ins Marsinnere. Leider gibt das Gerät gerade den Geist auf. Seine Solar-Panäle sind verstaubt und liefern kaum noch Strom.

In der November-Ausgabe des Kosmos-Boten klang das Thema „Blockuniversum“ an. Die Tatsache, dass Raum und Zeit sich so scharf nicht trennen lassen – Zeit kann u. U. auf Kosten von Raum „gedehnt“ werden –, hat Irritationen ausgelöst. Ist Vergangenheit, ist Zukunft etwa real?

Mit Gedanken zur Zeit möchte sich nach gut zwanzig Jahren der Kosmos-Bote von seiner Leserschaft verabschieden. Für ihn ist es an der Zeit, sich

Anderem zuzuwenden, denn, wie es bei Hermann Hesse (1877–1962) so schön heißt: „Nur wer bereit zu Aufbruch ist und Reise, mag lähmender Gewöhnung sich entrafen.“

Kommen Sie gut ins und durchs Jahr 2023! Erbauung und Freude bei der Lektüre der 244. Ausgabe wünscht ein letztes Mal,

Hans-Erich Fröhlich

PS „www.kosmos-bote.de“ bleibt noch eine Weile im Netz. Das Personen- und Sachverzeichnis bedarf allerdings dringend der Überarbeitung.

Der Himmel im Dezember

Der Abendstern ist wieder da! Venus löst sich von der Sonne und ist ab dem letzten Dezemberdrittel im Südwesten nach Sonnenuntergang kurz zu sehen.

Mars steht am 8. Dezember der Sonne gegenüber und ist die ganze Nacht über sichtbar, zumal er hierzulande in einer Höhe von über 60° kulminiert. Der rötlich strahlende Stern südlich vom Mars ist Aldebaran. Am Oppositionstag geht übrigens auch der Mond in Opposition (Vollmond). In den Morgenstunden, zwischen 6 und 7 Uhr, kommt es sogar zu einer Bedeckung des Roten Planeten durch den Vollmond. Untergang ist gegen 8:25 MEZ. (Bereits am 5. Dezember, kurz vor 18 Uhr, bedeckt der Mond den Uranus.)

Jupiter (in den Fischen) und Saturn (im Steinbock) sind des Abends gut zu sehen. Gegen Jahresende verschwindet Jupiter bereits vor Mitternacht, Saturn sogar schon gegen 20 Uhr.

Der Tiefpunkt im Jahreslauf der Sonne wird am 21. Dezember, 22:48 MEZ, durchschritten. Nach der Wintersonnenwende werden die Tage wieder länger.

Und noch etwas: Am 11. Dezember rauscht NASA's „Parker Solar Probe“ zum 14. Male dicht an der Sonne vorbei.

Jedem sein „Jetzt“

Meine Herren! Die Anschauungen über Raum und Zeit, die ich Ihnen entwickeln möchte, sind auf experimentell-physikalischem Boden erwachsen. Darin liegt ihre Stärke. Ihre Tendenz ist eine radikale. Von Stund an sollen Raum für sich und Zeit für sich völlig zu Schatten herabsinken und nur noch eine Art Union der beiden soll Selbständigkeit bewahren. [Hermann Minkowski (1864–1909), 1908]

Haben Sie vom „Andromeda-Paradoxon“ gehört? Es geht zurück auf Sir Roger Penrose (geb. 1931), einem der drei Physiknobelpreisträger von 2020, und stellt das *J e t z t* bloß. Damit wird umgangssprachlich ja jener *A u - g e n b l i c k* an der Nahtstelle zwischen zementierter Vergangenheit und unbekannter Zukunft bezeichnet. Hintergrund ist Einsteins Relativitätstheorie, die in Minkowskis vier-dimensionaler Raum-Zeit spielt. Deren „Stoff“ sind Ereignisse, Events, welche sich irgendwo irgendwann zutragen. Überhaupt nicht relativ ist in der Relativitätstheorie die Lichtgeschwindigkeit. Laut Experiment ist sie das einzig *A b s o l u t e*, egal, ob eine Lichtquelle auf uns zukommt oder sich entfernt, weshalb das Additionsgesetz für Geschwindigkeiten nur für Alltagsschnecken tempi anwendbar ist.

Sir Roger schaut zum Andromedanebel (M 31), der soeben majestätisch am Horizont aufgegangen ist. Was sich gerade *j e t z t* dort zusammenbraut, weiß er zwar nicht – er kann ja wegen der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit nur wissen, was sich dort vor 2 1/2 Millionen Jahren zugetragen hat –, ihm schwant aber – und sein Tachyonenteleskop¹ gibt ihm darin recht –, dass dorten *s o e b e n* eine Supermacht die Ausrottung der Erdlinge in Erwägung zieht. Da rollt (geradeaus und ohne das Tempo zu mindern) auf seinem Rollstuhl Freund und Kollege Stephen Hawking auf ihn (und M 31) zu und teilt nach einem kurzen Blick durch sein Tachyonenteleskop Sir Roger im Vorbeifahren mit, der Angriff sei schon in vollem Gange! Tatsächlich liegt das Hawking'sche *J e t z t* (erstreckt bis hinterm Andromedanebel), bezogen auf das Penrose'sche *J e t z t*, in der Zukunft! Anders als Hawking bewegt sich Penrose nicht auf M 31 zu. Die zeitliche Differenz zwischen den beiden *J e t z t* macht bei 1 m/s (in Richtung Andromeda) ziemlich genau drei Tage aus. Durchaus möglich, dass für den einen, Hawking, die Münze längst geworfen ist, während für den anderen, Penrose, noch über Zahl oder Wappen gestritten wird. Das Paradoxon ist bekannt unter dem Namen Rietdijk–Putnam-Argument, benannt nach Wim Rietdijk (1927–2020) und Hilary Putnam (1926–2016).

Wer sich an der Willensbildung der Bösewichte in M 31 stößt, der setze an die Stelle des Andromedanebels einen Reflektor (Tripelprisma bzw. -spiegel) und stelle sich vor, Penrose (P) habe vor 2 1/2 Millionen Jahren ein Lichtsignal dorthin entsandt. Da P weiß, dass der Spiegel 2 1/2 Millionen Lichtjahre entfernt ist, muss *j e t z t* die Reflexion erfolgen. Stephen Hawking (H) hat nach seiner Uhr vor 2 1/2 Millionen Jahren abzüglich 0,44 ms ebenfalls einen Lichtblitz abgegeben. (Also aus der Sicht von P zur gleichen Zeit.) Damals war H noch 3 Lichttage von P entfernt (und 2 1/2 Millionen Lichtjahre plus 3 Lichttage vom

¹Tachyonen (mit imaginärer Masse) sind zwar nur ein Hirngespinnst, seien aber (hier) unendlich schnell.

Spiegel). In dem Moment, wo H's Rollstuhl P erreicht, behaupten beide zu Recht, j e t z t erfolge die Reflexion. Das Problem: H's Lichtblitz kommt erst drei Tage später am Spiegel an! Mit heutiger Attosekunden-Laser-Technik könnte man das Gedankenexperiment ins Labor holen. Aus den 2 1/2 Millionen Lichtjahren würden 2,5 m und aus der Zeitdifferenz von 3 Tagen 30 Attosekunden ($30 \cdot 10^{-18}$ s).

Was nun? Am J e t z t als einem ontologisch auserkorenen Zeit-Punkt² auf dem Zeitstrahl ist etwas faul. Friedrich Schiller (1759–1805) hatte noch 1795 diese romantische Menschheits-Täuschung in den „Sprüchen des Konfuzius“ dichterisch zum Ausdruck gebracht:

Dreifach ist der Schritt der Zeit:
Zögernd kommt die Zukunft hergezogen,
Pfeilschnell ist das Jetzt entflohen,
Ewig still steht die Vergangenheit.

Räumliches und Zeitliches sind nicht strikt zu trennen. Die Welt ist echt vier- und nicht (3+1)-dimensional, wie man bis 1905 annahm, keine zeitliche Abfolge einer 3-dimensionalen Mannigfaltigkeit. „Echt“ soll heißen, alle vier Dimensionen sind gleichberechtigt, wenn auch nicht von gleicher Natur.

Während die meisten Denker allein dem „pfeilschnell entflohenen“ J e t z t so etwas wie Wirklichkeit zubilligten, geht dies seit Einstein nicht mehr: Das J e t z t ist Ansichtssache! Ohne die Möglichkeit, zwischen „Ruhe“ und geradlinig-gleichförmiger Bewegung experimentell zu unterscheiden, sind, wie schon 1632 Galileo Galilei (1564–1642) herausfand, alle Beobachter physikalisch gleichberechtigt. Soll nicht Existenz selbst zur Ansichtssache verkommen, muss auch Vergangenen und Zukünftigem Wirklichkeit³ zugestanden werden – womit wir beim Blockuniversum wären. Dieses scheint aus Sicht der Relativitätstheorie ein für allemal gegeben – wie in Stein gemeißelt.

Wirklich ist nur das Objektive, nicht seine Projektion ins Hirn des Betrachters. Früher hielt man Abstand $\Delta l (= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2})$ und Zeitspanne Δt für sich genommen als etwas Reales, invariant aber ist der Pseudoabstand $\sqrt{c^2 \cdot \Delta t^2 - \Delta l^2}$ (mit Lichtgeschwindigkeit c). Δl und Δt sind lediglich Projektionen desselben – Ansichtssache also.

²Wie ein Augenblick ohne Dauer erlebbar sein soll, bleibt schleierhaft.

³Der Kanadier Lee Smolin (geb. 1955) argumentiert wie folgt: Ein Ereignis A sei die Ursache von B . Ferner gebe es ein drittes Ereignis, X , welches für einen Beobachter gleichzeitig mit A stattfindet. Nun lässt sich stets ein weiterer Beobachter ausmachen, der sich relativ zum ersten bewegt, für den aber X und B gleichzeitig erscheinen. Alle drei Ereignisse sind real, aber eines davon, B , liegt, wie gesagt, in A 's Zukunft. Ist dann Zukunft nicht auch etwas Reales? (Sie muss dazu nicht einmal determiniert sein.)

Der Deutsch-Amerikaner Hermann Weyl (1885–1955) hat 1949 diese relativistische Weltansicht in Worte gefasst: „Die objektive Welt ist schlechthin, sie geschieht nicht. Nur vor dem Blick des in der Weltlinie meines Leibes empor-kriechenden Bewusstseins ‚lebt‘ ein Ausschnitt dieser Welt ‚auf‘ und zieht an ihm vorrüber, als räumliches, in zeitlicher Wandlung begriffenes Bild.“

Des Blockuniversums Zeitlosigkeit spiegelt der physikalischen Gesetze Ethernheit wider. Das ist zugegebenermaßen eine Zumutung.

Relativistik macht die Welt nicht komplizierter. Sie macht – was für sie spricht – diese sogar einfacher, sofern man sich mit der Mathematik angefreundet hat. Die Anzahl der Formeln und Begriffe wird reduziert. So verschmelzen Energie und Impuls zu einer (allerdings 4-dimensionalen) Größe, und zwischen Energie (E) und Masse (m) braucht man dank $E = m \cdot c^2$ auch nicht mehr zu unterscheiden. Das c steht für die Lichtgeschwindigkeit. Es mag einen daran erinnern, dass diese c constant ist.

Nicht angetastet ist die Kausalstruktur der Welt: An der zeitlichen Reihenfolge kausal verbundener Ereignisse wird festgehalten! Egal, wie schnell sich so ein Physiker relativ zu einem anderen Physiker bewegt, die beobachtete Wirkung folgt stets ihrer Ursache. So gesehen „ist die Welt in Ordnung“. Was die zeitliche Reihenfolge von kausal unverbundenen Ereignissen anbelangt, können Beobachter einander durchaus widersprechen. Was für den einen ein „Vorher“, scheint dem anderen ein „Nachher“. Alles eine Sache der Relativgeschwindigkeit. Es betrifft aber nur Ereignisse, welche räumlich zu weit voneinander entfernt sind, als dass sie sich hätten absprechen⁴ können.

Thomas Mann (1875–1955), der sich für Naturwissenschaftliches interessierte, sofern es ihm Stoff für seine Erzählungen und Romane bot, verbalisiert in „Königliche Hoheit“ die Idee des Blockuniversums: „[...] so laufe einem geschulten und wissenschaftlichen Denken die Vorstellung nicht unbedingt zuwider, dass, da die Zeit nur eine Illusion und in Wahrheit betrachtet alles Geschehen in Ewigkeit feststehend sei, solche im Schoße der Zukunft ruhenden Umwälzungen den Menschengestalt im voraus erschüttern und ihm gesichtsweise sich offenbaren können.“

Rainer Maria Rilke (1875–1926) sagt im „Malte“ von einem alten Grafen: „Die Zeitfolgen spielten durchaus keine Rolle für Ihn, der Tod war ein kleiner Zwischenfall, den er vollkommen ignorierte, Personen, die er einmal in seine Erinnerung aufgenommen hatte, existierten, und daran konnte ihr Absterben nicht das geringste ändern. [...] wie er auch das Zukünftige mit demselben Eigensinn als gegenwärtig empfand.“

Dem Leser sei versichert, das letzte Wort in Sachen *Z e i t* ist noch nicht gesprochen. (Mit Einstein hat die Physik nicht geendet!) Als „Demokraten“ unterstellten wir, alle Weltbetrachter seien gleichberechtigt – egal, wohin sie

⁴Der Pseudoabstand ist imaginär.

gerade eilen. Dem ist aber nicht so. Und nun kommt doch noch die Astronomie zum Zuge: Die hochgradig isotrope 3-K-Strahlung kündigt nicht nur von des Kosmos Zeitlichkeit, sie zeichnet (wie vormals der „Weltäther“) ein globales Bezugssystem aus! Möglicherweise ist es die Kosmologie⁵, welche dank Uhren, die bzgl. der Hintergrundstrahlung „ruhen“, einer Physik, welche die Kosmologie ignoriert, doch noch so etwas wie eine privilegierte „Weltzeit“ unterjubelt.

Bonusmaterial: Raum-Zeit-Diagramme

Zur Veranschaulichung dient ein Raum-Zeit-Diagramm (Abb.1). Da es in unserem Falle nur auf eine Raumrichtung ankommt, der zum Andromedanebel, genügt eine 2-dimensionale Darstellung: Die x -Achse weise auf M 31, die t -Achse nach oben. Als Einheiten bieten sich an: Millionen Lichtjahre (MLj) für die Abzisse bzw. Millionen Jahre (Ma) für die Ordinate. Gestrichelt: M 31's Weltlinie. Der Abstand zum ruhenden Beobachter bleibe unverändert. Penrose und M 31 werden vom „Zeitenstrom“ auf parallelen Weltlinien nach „oben“ fortgetragen. Eingezeichnet sind weiterhin die beiden Lichtkegel

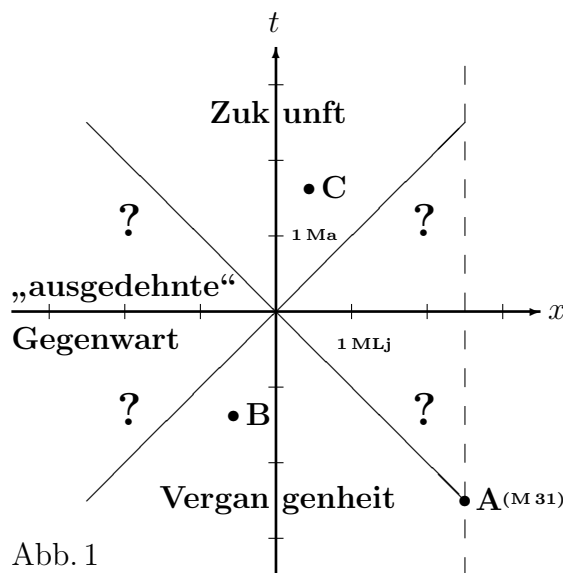


Abb. 1

durch den Koordinatenursprung. Sie beschreiben die Ausbreitung eines Lichtblitzes. Der Andromedanebel, wie Penrose' Augen ihn wahrnehmen, befindet sich bei A, sprich in der Vergangenheit. Das Licht braucht 2,5 Ma, die 2,5-MLj-Leere zu überwinden. Lichtstrahlen teilen das Diagramm in zwei Bereiche: Der Vergangenheitskegel umfasst alle Ereignisse, welche auf Penrose eingewirkt haben könnten – dazu gehört z. B. das Ereignis B –, der Zukunftskegel alle Ereignisse (wie C), auf welche der Sir im Prinzip Einfluss

Der Andromedanebel, wie Penrose' Augen ihn wahrnehmen, befindet sich bei A, sprich in der Vergangenheit. Das Licht braucht 2,5 Ma, die 2,5-MLj-Leere zu überwinden. Lichtstrahlen teilen das Diagramm in zwei Bereiche: Der Vergangenheitskegel umfasst alle Ereignisse, welche auf Penrose eingewirkt haben könnten – dazu gehört z. B. das Ereignis B –, der Zukunftskegel alle Ereignisse (wie C), auf welche der Sir im Prinzip Einfluss

⁵Nur in einem im Großen und Ganzen räumlich homogenen und isotropen, also symmetrischen Kosmos ist eine globale Zeit definierbar.

hat⁶. Außerhalb der Lichtkegel liegt jenes „Anderswo“ (mit einigen „?“ versehen), das vom Nullpunkt kausal abgekoppelt ist. Das *J e t z t* zieht sich hin! Carlo Rovelli⁷ (geb. 1956) spricht von „ausgedehnter Gegenwart“⁸.

Den Wechsel von P- zu W-Koordinaten und umgekehrt vermittelt die Lorentz-Transformation⁹: $x_H = (x_P - v \cdot t_P)/\sqrt{1-v^2}$ und $t_H = (t_P - v \cdot x_P)/\sqrt{1-v^2}$. Sie lässt das Intervall-Quadrat $t_H^2 - x_H^2 = t_P^2 - x_P^2$ unangetastet. Die Geschwindigkeit v ist in Einheiten der Lichtgeschwindigkeit, die Zeit t in Jahren und der Abstand x in Lichtjahren. Für Licht ist der Ereignisabstand zwischen Senden und Empfangen stets Null.

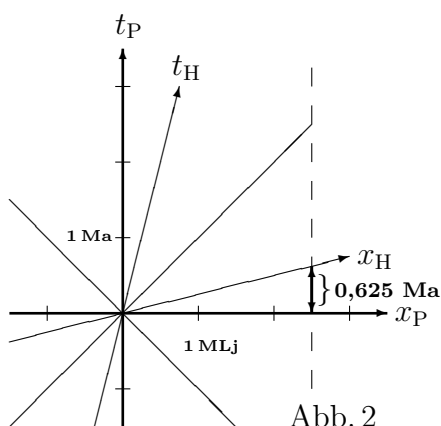


Abb. 2

In Abb. 2 wurden Hawkings x_H - und t_H -Achse eingefügt. Die Koordinaten x_P und t_P verweisen auf das Bezugssystem von Penrose. Hawkings Zeitachse – d. h. Hawkings Weltlinie –, ist ein klein wenig gegen die Penrose'sche Zeitachse, t_P , gekippt. Er kam auf Sir Roger zu und wird sich im Lauf von Jahrmillionen lichttageweit von diesem entfernen, sofern er nicht mit dem Fahren irgendwann innehält. (Der Darstellbarkeit halber rase Hawking mit einem Viertel der Lichtgeschwindigkeit auf M 31 zu und an Penrose vorbei.) Die Lichtkegel von Penrose und Hawking sind identisch, da die Lichtgeschwindigkeit für beide dieselbe ist und die Kausalverhältnisse situationsinvariant sind.

Für Penrose ist Gegenwart, was auf „seiner“ x_P -Achse liegt, für Hawking auf der x_H -Achse. Beide Gegenwarten unterscheiden sich – und zwar, bei einer Relativgeschwindigkeit von 1 m/s, um drei Tage im Abstand von M 31. (Die 625 000 Jahren aus Abb. 2 schrumpfen wegen des Fußgängertempos auf drei Tage.) Die *J e t z t*-Ereignisse sind den Augen beider noch 2 1/2 Millionen Jahre verborgen, d. h. für Hawking nicht ganz so lang. M 31 bewegt sich auf ihn zu.

⁶das Lächeln der Zuhörer beispielsweise, werden sie seiner kunstvollen Folien ansichtig

⁷Carlo Rovelli schildert ebenfalls das Andromeda-Paradoxon. Bei ihm sind die Andromedaner friedfertige Leutchen.

⁸„Gegenwart“ war ursprünglich rein räumlich gemeint, im Sinne von „in meinem Gesichtskreis und gegen mich gewendet“, also etwas mir Nahes.

⁹nach dem Niederländer Hendrik Lorentz (1853–1928)