

Liebe Leserin, lieber Leser,

Herschel und Planck sind seit Mitte Mai auf dem langen Marsch zum Lagrangepunkt Nr. 2 im Sonne-Erde-System. Erfolgreich, wie es heißt. Wie ich der Zeitung weiterhin entnehme, sind die zwei nun die kältesten Stellen im Universum. Abgesehen davon, dass es in den Kältelabors der Erde doch noch etwas kühler zugeht, entbehrt eine solche Aussage der wissenschaftlichen Nachprüfbarkeit – nicht aber eines durchaus interessanten wissenschaftlichen Hintergrundes. Gehen wir also der Frage nach: „Wie kalt ist der Weltenraum?“. Für heiße Hochsommertage ist dies vielleicht ein angenehmes Thema.

Das hofft

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im Juni

Merkur geht am 13. Juni mit 23° wieder einmal – von uns aus gesehen – auf maximale Distanz zur Sonne. Er steht dann 23° westlich von ihr. Das nützt uns aber nicht viel, da jener vor Sonnenaufgang nur wenige Grad über den Horizont schaut. Freunde des Merkur werden sich wohl oder übel bis Anfang Oktober gedulden müssen.

Venus bleibt noch lange Morgenstern, auch wenn sie am 5. Juni mit 46° bereits ihren größten westlichen Winkelabstand zur Sonne erreicht. Von uns aus gesehen nähert sie sich danach wieder der Sonne.

Mars ist nach wie vor etwas für Frühaufsteher. Am 19. Juni kommt er der Venus bis auf 2° nahe.

Jupiter wird immer günstiger. Er ist bereits vor Mitternacht über dem Horizont.

Saturn geht bereits um Mitternacht unter.

Sommersonnenwende ist am 21. Juni 7 Uhr 45 MESZ.

Wie kalt ist der Weltenraum?

Das Universum ist ein Universum der Gegensätze. Insgesamt betrachtet, als Ganzes, also global, dehnt es sich aus. Lokal aber strömt Materie zusammen, wird ungeheuerlich verdichtet und bildet Sterne. Die großräumige Expansion führt zu einer globalen Abkühlung, die Kompression zu Myriaden lokaler Aufheizungen. Die Photonen der kosmischen Hintergrundstrahlung, Überbleibsel aus der heißen Anfangsphase, füllen zwar den ganzen Raum aus und kommen aus allen Richtungen, haben aber nur eine Temperatur von 2,7 K (-270,5°C). Die Strahlung, die von den Sternen kommt, hingegen ist gerichtet – und heiß. Die Farbtemperatur der Sonne, eines typischen Sterns, beträgt rund 7000 Grad. Ohne Sterne wäre es einfach: Jeder Körper im Weltenraum wäre alsbald im thermischen Gleichgewicht mit dem universellen Wärmebad und nähme dessen Temperatur von (derzeit) 2,7 Grad über dem absoluten Nullpunkt an. Es sind die Sterne, die alles kompliziert machen – und dadurch einen öden Gleichgewichtskosmos verhindern.

Nehmen wir die Erde. Dass es hienieden so ungemütlich kalt nicht ist, ist der Sonne zu danken. Der Strahlungshaushalt unseres Planeten wird fast ausschließlich durch die Sonne bestimmt (und ein wenig durch die Lufthülle, weil die sich wie ein Pelzmantel um den Planeten legt). Die Bilanz ist gottlob ausgeglichen – alles andere mündete binnen Wochen in eine Katastrophe: Was die Erde von der Sonne an Energie in Form von kurzwelligem Sonnenlicht entgegennimmt, gibt sie im Langwelligen, im Infraroten, auch wieder ab, ungerichtet, aber auf Heller und Pfennig. Ohne den Wasserdampf in der Troposphäre stellte sich eine Gleichgewichtstemperatur unterhalb des Gefrierpunktes ein. Doch der Wasserdampfmantel macht, dass es im Mittel deutlich wärmer ist, 15°C oder so, und das, obwohl ein Drittel der Sonnenstrahlung sofort reflektiert wird, ohne den Boden der Lufthülle zu erreichen. Der natürliche Treibhauseffekt verhindert, dass die Erde eine leblose Eiswüste ist.

Die Bilanz ist ausgeglichen. Energetisch gesehen handelt es sich um ein Fließgleichgewicht. Energie strömt vom Heißen zum Kalten, von der heißen Sonne in den kalten Weltenraum. Ein winziger Teil, ein Zweimilliardstel, nimmt den Umweg über die Erde und kurbelt ganz beiläufig Leben und Wirtschaft an. Ja, von diesem kosmischen Temperaturgefälle profitieren alle! Die Pflanzen und wir auch. Auch die Energie, die wir zusätzlich produzieren – die Jahresproduktion entspricht gegenwärtig dem, was die Sonne binnen einer

halben Stunde hier abläd –, sie wird letztlich durch Reibung zu (Ab)Wärme und muss raus. Wohin? Natürlich in den Weltenraum. Der kalte Weltenraum ist eine gigantische Deponie für Wärmemüll. Und sie wächst von Tag zu Tag durch die Expansion. Ohne diese Senke wäre biologische Evolution undenkbar, und würden wir die Energie nicht wieder los, ohne die unsere Wirtschaft nicht auskommt. Blicke sie hier unten stecken, die Energie, wäre es irgendwann – bei einem Wachstum von 1,6% in spätestens 300 Jahren – ungemütlich heiß und um uns geschehen (und mit dem Wirkungsgrad unserer Wärmekraftmaschinen ginge es bergab). Nicht nur das Gewinnen von Energie kann ein Problem sein, das Loswerden könnte es eines Tages auch werden. [In dem Beispiel bin ich unbekümmert davon ausgegangen, dass eine Wärmeproduktion von einem Prozent der Sonneneinstrahlung noch tolerabel ist. Für Ballungsgebiete trifft dies bestimmt nicht zu.]

Das Leben, wie die Wirtschaft, lebt vom Nichtgleichgewicht! Wird Gleichgewicht propagiert, ist immer ein Fließgleichgewicht gemeint: stationäres Gefälle sozusagen. Ohne Gefälle, im thermischen Gleichgewicht, herrschte der Tod. (Früher war oft, in Unkenntnis der Gravo-Thermodynamik, der Wärmetod des Weltalls beschworen worden, ein Endzustand, wo alle Temperaturunterschiede sich ausgeglichen haben sollen. Doch das lässt die Schwerkraft, lassen die gravitativen Gaskugeln mit ihrer negativen Wärmekapazität nicht zu: Sterne werden heißer, kühlen sie aus. Und überhaupt, kommt die Schwerkraft ins Spiel, werden unsere Alltagserfahrungen Makulatur: Ein Erdsatellit, der in die Lufthülle eintaucht, wird durch Reibung *schneller*.)

Und weit weg von der Sonne, irgendwo zwischen den Sternen? Dort, in ewiger Nacht, heizten allein die Sterne. Ihr Beitrag zum interstellaren Strahlungsfeld, hochverdünnte heiße Strahlung, ist von der Energiedichte her vergleichbar dem durch die (unverdünnte, aber kalte) 3-K-Strahlung. Mehr als ein paar Kelvin sind (für einen sogenannten schwarzen Körper) bei Außenheizung in den Tiefen des interstellaren Raumes also kaum drin. Man muss allerdings hinzufügen, dass der stellare Anteil am Strahlungsfeld von Ort zu Ort verschieden ist und räumlich wie zeitlich extremen Schwankungen unterliegt. Man denke nur an den Orionnebel mit seinen extrem leuchtkräftigen Trapezsternen. Dort sind Sternstrahlung (und Sternwinde) derzeits sehr viel intensiver als hier, wo nichts los ist.

Doch selbst dort draußen in der kosmischen Einöde wäre die Erde so ganz kalt nicht. Noch verfügt sie über innere Hitze aus der Zeit ihrer Entstehung und eine langlebige Wärmequelle, dem radioaktiven Zerfall von Thorium, Uran

und Kalium. Es dauert noch Hunderte von Jahrmillionen bevor sie ausgekühlt und die konvektiv getriebene Kontinentaldrift zum Erliegen gekommen sein wird. Trotz des Wärmestroms aus dem Innern – 38 TW! – dürfte die Oberflächentemperatur nur bei -240°C liegen. Der Stickstoff in der Atmosphäre fröre unter diesen Bedingungen aus. Kurz, es gäbe keine Atmosphäre.

Übrigens sorgt die simple Frage nach der Heizkraft des nächtlichen Sternenhimmels für Verblüffung. Betrachten wir, wie das der Bremer Arzt und Astronom Heinrich Wilhelm Olbers 1826 getan hat, das allereinfachste Modell, ein Allerweltsmodell sozusagen, ein Universum gleichmäßig gefüllt mit Sonnen. Wie wir wissen, fällt die Helligkeit eines Sterns mit dem Quadrat der Entfernung. Dieser Abfall wird aber mehr als kompensiert durch die Tatsache, dass die Anzahl der Sterne mit dem Kubus, der dritten Potenz der Entfernung ansteigt. In einem unendlich großen, gleichmäßig mit Sternen angefüllten Raum, fiel der Blick stets auf die Oberfläche eines (mit hoher Wahrscheinlichkeit) sehr sehr weit entfernten Sternes. Der Himmel wäre vollgeplastert mit winzigen Sternenscheibchen! Da die Flächenhelligkeit einer Sternoberfläche unabhängig von der Entfernung ist, müsste der Himmel heller als 200 000 Sonnen strahlen, und die Erde unter dem 6000 Grad heißen Himmelgewölbe verschmoren. Es herrschte thermodynamisches Gleichgewicht! Der Sonnenball höbe sich vor dem gleichhellen Hintergrund nicht im geringsten ab. (Und wir erfahren nie, woraus er besteht: Im thermodynamischen Gleichgewicht strahlen alle Körper, ob aus Wasserstoff, ob aus Platin, ohne Unterschied. Das Spektrum wäre das von Herrn Planck, durch eine einzige Zahlenangabe charakterisiert, die Temperatur, und ansonsten eigenschaftslos wie ein schwarzes Loch. Spektrallinien gibt es nur bei Temperaturunterschieden!) Die Wirklichkeit sieht gottlob anders aus. Der Nachthimmel ist dunkel. Was stimmt da nicht?

Es gab einen Anfang! Das All ist gerade mal vor 13,7 Milliarden Jahren entstanden, und die Sterne können nicht weiter als 13,7 Milliarden Lichtjahre von uns entfernt sein. Dass es des Nachts dunkel ist, ist der schlagende Beweis dafür, dass die Schöpfung jung ist! Zwischen den Sternen ist massig viel Platz, wo wir bis zum Rand des Universums zu schauen vermögen. Wieviel Platz? Nun, würde man alle Sterne so am Himmel zusammenrücken, dass die Sternscheibchen dicht an dicht zu liegen kämen, wäre dieses Gebilde, nennen wir es die „Nachtsonne“, Bruchteile einer Bogensekunde groß. Man sagt, dass alle Sterne zusammengenommen das Leuchten der Venus um das Zehnfache überträfe. (Um uns keiner Unterlassungssünde schuldig zu machen: Auch die

Expansion trägt zur Dunkelheit bei: Bei kosmologisch weit entfernten Objekten verringert sich, expansionsbedingt, die Flächenhelligkeit. Die hatten wir als konstant vorausgesetzt gehabt.)

Ansichten ändern sich. Im Mittelalter sah man in den Sternen Löcher im Firmament, durch die das Licht der ewigen Klarheit scheint. Wir sehen dies inzwischen anders: Zwischen den Sternen vermisst „Planck“ zwar nicht die ewige Klarheit, aber dafür den 3000 Grad heißen Feuerball der Schöpfung. Dass der uns nicht versengt, hat einen einfachen Grund: Er rast mit 99,9999% der Lichtgeschwindigkeit von uns hinweg. Der Doppler-Effekt macht aus tödlichen 3000 Grad 3 K. Wo alles in Bewegung ist, kann von Ewigkeit nicht mehr die Rede sein, jedenfalls nicht in der Naturwissenschaft. Das Vergängliche, das vom Gefälle lebt, hat unsere Sympathie.

Wie schon der Alltag lehrt, ist es mit der Temperatur so eine Sache. Meteorologen können ein Lied davon singen, wie schwierig es ist, die Außentemperatur halbwegs genau zu messen. Ein von der Sonne beschienenes Thermometer zeigt nicht die Lufttemperatur an. Sogar kleine weißgestrichene Wetterhäuschen werden um so ein Thermometer herum gebaut.

Fazit: Zwar liegt die Farbtemperatur im Weltenraum bei Tausenden von Grad, aber „Farbe“ wärmt halt nicht wirklich. Einen Vorgeschmack von Weltenraum hat wohl jeder schon gehabt, im Hochgebirge, wo trotz Eiseskälte Sonnenbrand droht.