

Von Robert Seeberger

Eine Hitzewelle hat die nächste abgelöst. Am 21. Juni, dem längsten Tag des Jahres, stand die Sonne fast 16 Stunden über Vorarlbergs Horizont. Bis heute haben wir wieder 49 Minuten Sonnenscheindauer eingebüßt. Es gibt klarerweise einen Zusammenhang zwischen Sonnenstand und Temperatur auf der Erdoberfläche. Nicht nur der Sonnenstand, sondern weitere Faktoren beeinflussen die Temperatur. Meistens wird in unseren Breiten die größte Hitze zu den sogenannten Hundstagen Ende Juli bis Mitte August verzeichnet. Atmosphärische Phänomene wie Luftströmungen und die Fähigkeit von Wasser und Luftmassen Wärme zu speichern, überlagern und verzerren die rein astronomischen Phänomene.

Ellipsenbahn. Seit Johannes Kepler die Planetenbahnen beschrieb, wissen wir, dass sich der Abstand zwischen Erde und Sonne ändert. Die Umlaufbahn ist kein Kreis, sondern eine Ellipse. Am 3. Jänner näherten sich die beiden Himmelskörper auf 147 Millionen Kilometer, am 4. Juli war die Sonne fünf Millionen Kilometer weiter entfernt. Die Alltagserfahrung, dass es nahe am Feuer wärmer ist, gilt hier nicht. Drei Prozent Annäherung an die Sonne hat wesentlich weniger Einfluss auf die Temperatur als die Höhe des Sonnenstands. Der Sommer auf der Nordhalbkugel findet bei maximalem Abstand der beiden Himmelskörper statt. Auf der Südhalbkugel steht uns die Sonne im Sommer besonders nahe.

Solarkonstante. Astronomen lieben einfache und klare Verhältnisse für ihre Überlegungen. Wir erheben uns

Sonnenenergie für Jahrmilliarden

Der Energievorrat der Sonne ist beinahe unerschöpflich. Seit über vier Milliarden Jahren wird die Erde relativ gleichmäßig mit Wärme und Licht versorgt. Noch vor 100 Jahren hatte man völlig falsche Vorstellungen über die Quelle der Sonnenenergie.

daher gedanklich über der Erdatmosphäre hinaus und lassen die komplizierten Wetterphänomene mit Wasserdampf, Wolken, Stürmen unter uns zurück. Auch der Anteil an Treibhausgasen wie Kohlendioxid in der Luft blendet uns aus den Überlegungen aus.

Die Solarkonstante ist ein über viele Jahre gemittelter Wert, der angibt, welche Sonnenintensität bei senkrechtem Einfall an der oberen Luftschicht der Erde ankommt. Die Solarkonstante wurde schon in den 1980er-Jahren mit 1367 Watt pro Quadratmeter festgelegt. Die tatsächliche Bestrahlungsstärke variiert je nach Sonnenabstand um gut drei Prozent. Auf der Sonnenoberfläche kann man mit geeigneter Schutzfolie dunkle Flecken beobachten. Durchschnittlich alle elf Jahre sind besonders viele Sonnenflecken zu sehen, dann ist die Sonne besonders aktiv. Die Solarkonstante ändert sich dadurch nur um ein Zehntel Prozent. Zwischen den Jahren 1645 und 1715 waren fast keine Sonnenflecken zu sehen. Dieses Phänomen wird nach einem englischen Astronomen Maunder-Minimum genannt und fällt zeitlich mit einer deutlichen Temperaturabsenkung in Europa zusammen. Die Ursache der „kleinen Eiszeit“ wird heute nur zum

Teil mit der verringerten Sonnenaktivität erklärt.

Über längere Zeiträume betrachtet schwankt die Solarkonstante. Der serbische Mathematiker Milutin Milankovic beschrieb 1920 langperiodische Änderungen der Sonneneinstrahlung. Die Ursache liegt in langfristigen Änderungen der Bahndaten der Erde. Dies betrifft beispielsweise die Neigung der Erdachse und die Ausprägung der Ellipsenform. Die Milankovic-Zyklen haben Perioden von Zigtausenden Jahren und liefern einen Beitrag zum Verständnis der langfristigen Klimaschwankungen auf der Erde. Die Sonne selbst durchläuft eine recht stabile Phase. Nur alle 100 Millionen Jahre nimmt die Strahlungsleistung um circa ein Prozent zu.

Die Astrophysik ist daher nicht in der Lage, die Klimaerwärmung, die sich innerhalb von 100 Jahren ereignet, fachlich zu begründen. Wesentlich eindeutiger ist die Tatsache, dass die Sonne unermesslich viel Energie liefert. In weniger als drei Stunden bringt die Sonne den jährlichen Weltenergiebedarf auf die Erde.

Ein Kohlekraftwerk. In der Antike vermutete man, dass die Sonne aus glühender Kohle besteht. Wie lange würde der Brennstoff reichen? In dem

1908 im Verlag der Leo-Gesellschaft erschienenen Buch „Der Sternenhimmel“ wird über die „eigentlichen Quellen der Sonnenenergie“ gerätselt. Schon damals verabschiedete man sich von der Steinkohletheorie. Es müssten „jährlich 90 Kohlenklötze, jedes von Erdengröße, im Sonnenofen verbrannt werden, um die von der Sonne erzeugte Hitze zu erzeugen“. Nach 4000 Jahren wäre die gewonnene Wärme erschöpft. Die Menschheit existiert aber viel länger. Auch Überlegungen, der Sturz von Meteoriten und Kometen auf die Sonne könnte für die Energie sorgen, wurden verworfen. Helmholtz mutmaßte 1854, dass sich die Sonne zusammenzieht und dabei Energie frei wird, welche die Sonne für 17 Millionen Jahre auf Temperatur halten würde. Der Nachweis, dass der Sonnendurchmesser kleiner wird, gelang nicht. Im „Sternenhimmel“ aus dem Jahre 1908 erfolgt ein gewagter Blick in die Zukunft, der auf die richtige Fährte führt: „Eine besondere Beachtung verdient neuerdings das Radium, dessen fast unerschöpflicher Energievorrat zur Zeit der Entdeckung (1898; Anmerk.) stark an ein Perpetuum mobile erinnert.“

Kernverschmelzung. Die Atomspaltung bzw. der radioaktive

Zerfall von Atomen liefert zwar sehr viel Energie, die wir in Kernkraftwerken nutzen können. Die Sonne bezieht ihre Energie aus einer anderen Kernumwandlung, der Verschmelzung zweier leichterer Elemente. Die technische Realisierung der Kernfusion wird seit Jahrzehnten ziemlich erfolglos versucht. Im Sonneninneren herrschen ideale Voraussetzungen für die Kernverschmelzung. Die Sonne besteht zu drei Vierteln aus Wasserstoff und zu einem Viertel aus Helium. Der Gasball mit 1,4 Millionen Kilometern Durchmesser erzeugt im Inneren enorme Drücke und Dichten. Die Temperatur beträgt 15 Millionen Grad. Wasserstoffkerne werden über Zwischenstufen zu Helium umgewandelt. In jeder Sekunde verschmelzen 567 Millionen Tonnen Wasserstoff zu 562,8 Millionen Tonnen Helium. Es fehlen 4,2 Millionen Tonnen Materie. Sie wird entsprechend der berühmten Formel von Einstein ($E=mc^2$) in unvorstellbare Energiemengen umgewandelt. Daraus kann die Sonne Energie für Jahrmilliarden beziehen. Auch schwerere Elemente bis zum Eisen werden im Sonneninneren erbrütet. Die Sonne hat fast die Hälfte ihrer Lebensspanne erreicht. Nach circa sechs Milliarden Jahren wird der Wasserstoff aufgebraucht sein und die Sonne wird zu einem „Weißen Zwergstern“ schrumpfen. Alle Sterne beziehen ihre Energie aus der Kernverschmelzung. Masseärmere Sterne als die Sonne leben länger, die massivsten Sterne hingegen haben ihren Energievorrat nach wenigen Millionen Jahren verbraucht.

Fast 16 Stunden stand die Sonne am 21. Juni am Himmel.

DPA