

Die lange Sicht ist ein schlechter Führer  
in Bezug auf die laufenden Dinge.  
Auf lange Sicht sind wir alle tot.

John Maynard Keynes (1883–1946)

## Liebe Leserin, lieber Leser,

im März-Kosmos-Boten ging es um die höllisch-heiße Venus und den planetaren Treibhauseffekt. Der dem Wasserdampf geschuldete Effekt beschert uns auf der Erde ersprießliche Verhältnisse. Was Kohlendioxid anbelangt, so weiß jedes Kind, wie wichtig es ist, die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Griff zu bekommen, damit es nicht zur befürchteten Klimaerwärmung und Versauerung der Ozeane kommt. Die Venus mag, was das Aufheizen anbelangt, als warnendes Beispiel dienen. Was uns weniger bewusst ist: Auch ohne CO<sub>2</sub>, mit Wirtschaftswachstum allein, bekommt man die Erde warm! Wieso? Nun, Energie verschwindet nicht. Sie ist nicht „weg“, nachdem wir sie „verbraucht“ haben. Sie ist entwertet, aus ihr wurde durch Reibung Wärme! Nehmen Sie Ihr Auto und unternehmen Sie eine Rundfahrt. Von den zehn Litern Benzin, die Sie tanken, heizen sieben Liter unmittelbar die Umwelt. Der Energiegehalt der restlichen drei Nutzliter wird spätestens beim Bremsen und Anhalten zu Wärme. Zur Zeit ist diese durch menschliche Aktivität direkt verursachte Erderwärmung unbedeutend. Sie wird deshalb auch nicht bei den Klimaprognosen berücksichtigt.

Vom Klima zum Wetter! Frühlingshafte Ostern und einen April, dessen Launen zu ertragen sind, wünscht Ihnen

Ihr Hans-Erich Fröhlich

## Der Himmel im April

Anfang des Monats durchwandert die Venus den offenen Sternhaufen der Plejaden, das Siebengestirn. Noch legt sie zu an Helligkeit. Am Monatsende erst erstrahlt sie im größten Glanze ( $-4,5$  mag).

Am 6. April ist Frühlingsvollmond! Den Sonntag darauf feiern wir Ostern, so will es die Osterregel.

Mars ist bis in die frühen Morgenstunden hinein sichtbar – im Löwen. Jupiter verblasst, wird zu einem Objekt der Abenddämmerung. Er nähert sich der Sonne und wird demnächst ihrem größeren Glanze erliegen.

Saturn präsentiert sich prächtig: In der Monatsmitte steht er der Sonne gegenüber und ist die ganze Nacht über sichtbar. Gute Gelegenheit, Ringe und Monde zu bewundern. Titan, der einzige Mond im Sonnensystem mit Atmosphäre, erreicht zur Oppositionszeit 8,3te Größe.

Auch von jenseits der Galaxis gibt es für den Fernrohrfreund Neuigkeiten: In der Balkenspiralgalaxie M 95 ist (vor 38 Millionen Jahren) ein übergewichtiger Stern wegen Energiemangels im- und explodiert. In diesen Tagen erreicht uns die Kunde von jener Supernovaexplosion. Die Galaxie ist im Löwen zu finden, als Mitglied einer kleinen Galaxiengruppe. Die Helligkeit der Supernova: 13. Größe. Mars weist übrigens den Weg. Er steht nur wenige Grad westlich von der Supernova 2012aw

## „Wärmetod“ durch Wirtschaftswachstum?

„Energie“ ist *en vogue*. Sie soll bezahlbar sein und dem Raumschiff Erde nicht wehtun. Erstaunlich für den Astronomen, der die Erde als sonnenbeschienenes Plätzchen im kalten Weltenraum betrachtet, sozusagen ganzheitlich, ist eine kleine Passage aus dem Schlusspapier des Bürgerdialogs „Energietechnologien für die Zukunft“. Die gebändigte Kernfusion wird *nicht* als Brückentechnologie angesehen! Sollte den Verfassern entgangen sein, dass *jede* Energie, die auf der Erde freigesetzt wird, den Weg alles Irdischen geht? Sie degradiert, wird zu Wärme und muss entsorgt werden! Das geht, weil der Weltenraum kälter ist als die Erde. Wärme fließt von selbst vom Warmen zum Kalten. Die Menschheitsfrage aber lautet: Bei welcher Temperatur wird die Abwärme abgeführt?

Versetzen wir uns ins Jahr 2300. Die Energie ist mittlerweile „sauber“, sie kommt aus den Ozeanen, genauer aus der Verschmelzung (Fusion) von schwerem Wasserstoff (Deuterium) zu Helium, dem „Sonnenstoff“. Der Vorrat an schwerem Wasser ist nahezu unerschöpflich. Warum bloß wird es wärmer? Nun, bei einer Wachstumsrate von jährlich 2% werden in 300 Jahren 5000 TW (Terawatt) an Energie umgesetzt. Statt 5 000 000 000 000 Tonnen Stein-

kohle pro Jahr kommt man mit 250 000 Tonnen Wasserstoff aus. Der Grund für die Erderwärmung: Um die 5000 zusätzlichen Terawatt wieder loszuwerden, muss sich zwangsläufig die Erdtemperatur erhöhen. Die Erde muss ja nicht nur die 120 000 TW an eingefangener Sonnenenergie entsorgen, sondern vier Prozent mehr. Da die Abstrahlung mit der vierten Potenz der Temperatur anwächst, muss sich – atmosphärische Effekte hintangesetzt – die Temperatur um ein Prozent erhöhen. Macht dennoch drei Grad aus – und das ohne jegliches CO<sub>2</sub>. Das ist mehr, als der Weltklimarat (IPCC) als hinnehmbar erachtet.

In industriellen Ballungsräumen dürfte die Temperatur bereits in hundert Jahren um 0,4 bis 0,9° C anwachsen.

Die einzige Energie, welche die *globale* Energiebilanz unangetastet lässt, ist die Sonnenenergie. Mit ihr allein werden wir auf lange Sicht auskommen müssen. Das sagte schon Carl Sagan (1934–1996). Doch ist Sonnenenergie unerschöpflich?

Nun, das hängt davon ab, ob sie genutzt wird, *bevor* sie den Boden berührt oder danach. Sonnenlicht ist ein gerichteter Strom energiereicher Photonen, will sagen, das Licht kommt aus *einer* Richtung am Himmel und ist ziemlich *heiß*. Seine Farbtemperatur misst 5500° C. Der Physiker spricht von entropieärmer Strahlung: *Sie enthält wenig Zufall*. Das macht sie so wertvoll. Hat sie den Boden berührt, ist es damit vorbei. Sie hat beim „Aufprall“ sehr an Wert verloren. Nicht, dass sie verloren ginge – Energie ist eine Erhaltungsgröße! –, aber um ihre Fähigkeit, Arbeit zu verrichten, ist es geschehen. Als Wärme, beladen mit Zufall (Entropie), taugt sie nur noch zum Wärmen des Bodens<sup>1</sup>.

Pflanzen sind schlau: Sie fangen das Sonnenlicht *überm* Boden ab!

Ganz entwertet ist absorbierte Sonnenstrahlung nun doch nicht. Sie heizt den Boden *unterschiedlich* auf – in den Tropen stärker als an den Polen. Von diesem Temperaturunterschied lebt die Wetter- und Klimamaschinerie.

---

<sup>1</sup>Entropie kann man durchaus fühlen: beim Sonnenbaden. Sonnenlicht selbst ist entropiearm. Es transportiert wenig Wärme. Was Sie als wohlige Wärme spüren, ist die mit dem „Photonenbombardement“ einhergehende Entwertung des Lichts. Die Wärme (Entropie) wird in ihrer Haut produziert! Sie kommt nicht von der Sonne. Diese interne Wärmeerzeugung ist eines der ungelösten Probleme der Solarzellenindustrie. Diese zu vermeiden, müssten die Zellen fast so heiß sein wie die Sonne. Doch dann wäre der elektrische Wirkungsgrad im Eimer. Der wäre am höchsten für absolut schwarze Zellen auf dem Niveau der Umgebungstemperatur. Also ein Kompromiss! Deswegen laufen die Zellen heiß in der Sonne. Fragen Sie mich bitte nicht, warum die Blätter an den Bäumen kühl bleiben!

Das ganze ist eine gigantische Wärmekraftmaschine, allerdings mit miesem Wirkungsgrad<sup>2</sup>, weil die Temperaturdifferenz zwischen den Tropen und den Polen relativ gering ist. Nur wenige Prozent des Wärmestroms<sup>3</sup>, der sich zu den Polen hin ergießt, um von dort in den kalten Weltenraum zu entweichen, findet sich als nutzbare Bewegungsenergie in Wind und Meeresströmung wieder.

Obwohl die Windproduktion „unter Volldampf“ läuft, bleiben von den 120 000 TW Sonneneneinstrahlung lediglich 900 TW als Wind übrig, wovon wir, eingedenk des Klimas Hinfälligkeit, nur in bescheidenem Maße etwas für uns abzweigen sollten.

Wie bescheiden? Nun, der gegenwärtige Energiehunger der Menschheit ließe sich noch mit Windkraft<sup>4</sup> stillen, mehr aber nicht! Wir wollen Windenergie ja nicht „abbauen“<sup>5</sup>. Zu diesem Schluss gelangt eine thermodynamische, also *ganzheitliche* Sensitivitäts-Betrachtung des Erdsystems, wie sie von einer Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena versucht wird. Dass Wind nicht wirklich „erneuerbar“ ist, sondern bei Übernutzung schlicht zum Erliegen kommt, ist ein Segen. Stellen Sie sich vor, es windete stärker, stellte man mehr Windräder auf. Das täte zwar den Betreibern von Windfarmen gut, nicht aber den Bewohnern der Tropen! Ein Mehr an Wind ist ohne Erhöhung des Temperaturgefälles zwischen den Tropen und den Polen nicht zu haben. Irgendwoher muss die Energie ja kommen.

Sie haben von den vier Strahlströmen in sieben bis 16 Kilometer Höhe gehört? Flugzeuge lassen sich gerne mitnehmen, um Kerosin zu sparen. Wenn man die nutzen könnten . . . ? Nun, Wissenschaftler haben die Auswirkungen untersucht, würden 1000 TW an Windenergie in luftiger Höhe zweckentfremdet abgezackt: Die Erde würde um 10° C kühler, die Flächenbedeckung durch Meereis verdoppelte sich, die Niederschläge gingen um 35% zurück . . . Diese Klimarechnungen müssen nicht stimmen, sie machen aber nachdenklich. Und sie werden die Debatte um das Geoengineering anheizen, schließlich könnte

---

<sup>2</sup>Hinsichtlich des Wirkungsgrads ist diese „Maschine“ schlechter als die Dampfmaschine von James Watt (1736–1819).

<sup>3</sup>Allein der Golfstrom transportiert 1400 TW an Wärme gen Norden.

<sup>4</sup>Des Windes Unstetigkeit bereitet Energetikern Bauchschmerzen: Windenergie ist, da es an Speichern mangelt, nicht grundlastfähig.

<sup>5</sup>Selbst Wasserkraft ist nicht „umsonst“! Ein Wasserkraftwerk wirkt wie eine Verminderung des natürlichen Gefälles. Die Fließgeschwindigkeit geht zurück. Folglich gelangt weniger an mineralischem Dünger in die Meere. Unsere Existenz beruht aber darauf, dass es dem Plankton gut geht!

man durch Nutzung der Strahlströme den Planeten kühlen ...

Dass Windenergie nur begrenzt zur Verfügung steht, weiß man seit einem Drittel Jahrhundert. Von Übernutzung der Windkraft kann derzeit noch nicht die Rede sein. Es sind gerade einmal 0,2 TW an Windleistung installiert.

Fazit: Zumindest der Teil an Sonnenenergie, der Bodenkontakt hatte, ist nicht unerschöpflich, weil beim „Aufprall“ größtenteils vergeudet.

Die bessere Alternative, weil nachhaltiger, wäre fraglos die Nutzung des unentwerteten Sonnenlichts, wie es uns die Pflanzen vormachen. Theoretisch ließen sich bis zu 93% der Sonnenenergie in nutzbare Arbeitsleistung überführen. Leider scheint die Sonne nicht, wo sie gebraucht wird, d. h. die industriegesellschaftlichen Reibungsverluste wärmen den Planeten, wo das von Natur aus nicht vorgesehen war! Jede Umverteilung aber greift notwendigerweise in den Strahlungshaushalt und damit ins Klimageschehen ein.

Zwei Bemerkungen zum Schluss:

(A) Der Energiehunger der Menschheit hat ein Ausmaß erreicht, das Spuren hinterlassen muss. Nüchtern betrachtet ist jede Form von Energieversorgung „schrecklich“<sup>6</sup>. Wussten Sie, dass der an einem einzigen Tag in Deutschland produzierte Strom ausreicht, die 48 Kubikkilometer Bodensee um 13 Meter anzuheben? Es ist nicht einfach, Energie für ein ganzes Land auch nur einen Tag zu speichern.

(B) Energieeffizienz ist nicht alles!

Die Wüste wandelt Sonnenenergie effizienter um als eine Pflanze: 80% heizen den Boden, nur 20% der einfallenden Sonnenenergie geht durch Reflexion „verloren“. So effizient ist die Photosynthese nicht. Doch ein grünes Blatt, welch Wunder, nutzt den hohen Ordnungsgrad des Lichts – seine geringe Entropie –, um photochemisch „Ordnung“ zu schaffen und gegen den Verfall anzukämpfen. Aus einem Dutzend kleiner Moleküle, Kohlendioxid und Wasser, entsteht jeweils ein Kohlehydratmolekül und als Abfallprodukt Sauerstoff. Die Prozesswärme entschwindet durch Wasserverdunstung in die Umwelt. Deshalb „saufen“ Pflanzen so viel Wasser: um damit Entropie zu entsorgen<sup>7</sup>! Wie schrieb 1944 Erwin Schrödinger? Die Lebewelt lebt von Negentropie, negativer Entropie! Nicht von der Sonnenenergie! Die 120 000 TW

---

<sup>6</sup>Man schaue sich selbst an: Trotz Fasten und Antioxidantien sterben unsere Zellen letztlich an ihrer hocheffizienten Energieversorgung – der Zellatmung.

<sup>7</sup>Die Menschheit entsorgt ihren Unrat auch mittels Wasser. Die Gewässerverschmutzung (Mischungsentropie) ist nach der Abwärme der Wärmekraftwerke die zweitgrößte Quelle an anthropogener Entropie.

werden ja auf Heller und Pfennig im Infraroten wieder abgestrahlt, dabei alle Unordnung, die das Leben und die Wirtschaft mit sich bringen, mit sich führend. Ordnung entsteht durch Export von Unordnung!

Wie man *effizient* Ressourcen „verwüestet“, lehrt eine moderne Heizung. Deren Energieeffizienz ist kaum noch zu toppen. Sogar die Kondensationswärme des Wasserdampfs wird genutzt. Doch fragt man sich, ob es wirklich einer über 1000°-heißen Gasflamme bedarf, um einen Raum auf Zimmertemperatur zu halten. Der Wärmetechniker bemisst diese „Temperaturverschwendung“ anhand der sog. *Entropieeffizienz*. Die liegt selbst bei einer Brennwert-Heizung unter 10%<sup>8</sup>! Man hätte aus dem unersetzlichen Naturgas etwas besseres gewinnen können als Wärme, nämlich elektrischen Strom, um damit Maschinen anzutreiben.

Auf die Entropie kommt der Kosmos-Bote eines Monats zurück. Sie gibt der Zeit ihre Richtung und lässt schwarze Löcher wachsen.

---

<sup>8</sup>Verriete ich Ihnen die Entropieeffizienz des Autos, killte mich die Automobilindustrie!