

aber Abende gab es, die gingen in den Farben
des Allvaters, lockeren, weitwallenden,
unumstößlich in ihrem Schweigen
geströmten Blaus, [...]

G. Benn

Liebe Leserin, lieber Leser,

Lyrik ist nicht jedermanns Sache, ich weiß, aber das musste sein. Es geht ja um die „blaue Stunde“, um die Fortführung des Oktoberthemas. Natürlich gibt es die auch des Morgens, aber da liegt so ein Dichter wohl noch in den Federn.

Vorgesehen war ein anderes Thema. Erwin Schrödingers Katze wird im November 75! Aber ich dachte mir, bringe erst einmal eine Sache zu Ende! Und nach dem Exkurs in die Elektrizitätslehre gleich wieder mit unbegreiflicher Physik aufwarten, das hieße den Bogen vielleicht überspannen. „Schrödingers Katze“, die die Quantenwelt seit einem Menschenleben in Atem hält und zu einem Symbol für die „Wirklichkeitszertrümmerung“ durch die moderne Physik geworden ist, kann warten. Sie läuft nicht weg. (Für die Tierfreunde unter Ihnen: Es handelt sich um einen Papiertiger in einem *Gedankenexperiment*, nicht um ein Geschöpf, an dem ein sadistischer Physiker sich vergreift!)

Das Markenzeichen des „blauen Planeten“ (Foto: Voyager 1), seine Bläue, hat u. a. damit zu tun, dass die Atmosphäre, chemisch gesehen, aus dem Gleichgewicht ist. Die 3,8-Milliarden-Jahre alte Blaualgen-Idee, Wasser mit Hilfe des Sonnenlichts in seine Bestandteile aufzuspalten, Wasserstoff und Sauerstoff, hat die Welt nachhaltig verändert und seinerzeit die wohl bislang schwerste ökologische Krise heraufbeschworen gehabt. Wir Nachgeborenen sind die Nutznießer der anhaltenden „Sauerstoffverschmutzung“ unseres Heimatplaneten durch die Vegetation.

Die Suche nach extrasolaren Planeten, auf deren Atmosphärenchemie man sich auf Anrieb keinen Reim machen kann – sprich, die Sauerstoff und Methan enthält –, was auf Lebenstätigkeit hindeutet, ist im Gange.

Wenn man will, ist auch die „blaue Stunde“ ein solcher „Biomarker“ und eine Hervorbringung der Pflanzenwelt. Für uns ist das „Schweigen geströmten Blaus“ jedenfalls willkommener Anlass, über *Ozon* zu sinnieren.

Einen bunten November wünscht Ihnen

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im November

Die Venus befindet sich jetzt bereits westlich der Sonne und zeigt sich ab Monatsmitte ihren Bewunderern am Morgenhimmel. Im Fernrohr erscheint sie sichelförmig in voller Größe. Wir hatten ja kürzlich erst Neuvenus. Sie wird zwar kleiner, da sie sich von uns entfernt, aber der beleuchtete Teil nimmt zu, so dass insgesamt ihre scheinbare Helligkeit anwächst. Anfang Dezember wird sie im größten Glanz erstrahlen.

Der Abend wird beherrscht vom Jupiter, dem Größten unter den Planeten. Seine Oppositionszeit nähert sich ihrem Ende: Am 19. November herrscht Stillstand, danach durchwandert er den Sternenhimmel wieder, wie es sich gehört, rechtläufig, d. h. in östlicher Richtung.

Im Kommen ist Saturn. Auch er profitiert von der jetzt im Osten steil aufragenden Ekliptik und leistet der Venus am Morgenhimmel Gesellschaft. Der beringte Planet ist schon vor Beginn der astronomischen Morgendämmerung überm Horizont unterwegs.

Apropos Saturn, erinnern Sie sich? Vor 30 Jahren, am 11. November, flog Voyager 1 am Saturn vorbei, dabei fantastische Nahaufnahmen des Ringplaneten und einiger seiner Monde schießend. Inzwischen ist Voyager 1 in „interstellarer Mission“ unterwegs. Der Strom aus Plutoniumbatterien soll noch 15 Jahre reichen. Die erfolgreiche Sonde abzuschalten – aus Kostengründen – getraut man sich nun nicht mehr. Der Übergangsbereich, wo der Sonnenwind auf das interstellare Gas aufprallt, ist für den Plasmaphysiker hochinteressant.

Das Maximum der November-Meteore, der Leoniden, wird für den 17. November erwartet. Man kann Meteore dieses Schwarms aber bereits Tage zuvor sehen. Nach dem Maximum wird es schwieriger. Der Mond stört.

Ozon

Im Oktober-Newsletter wurde das Himmelsblau auf die (inkohärente) Lichtstreuung an den Molekülen der Lufthülle zurückgeführt. Der Streuung also, und nicht der Absorption, verdanken wir den blauen Taghimmel. Die Luft ist genausowenig blau wie der blaue Dunst der Zigarette.

Wasser als Blaufilter scheidet jedenfalls aus. Es ist zwar blau, aber der Wasserdampfgehalt in der Troposphäre ist viel zu gering, als dass der „Wasserfarbe“ eine Rolle zukäme.

Und doch enthält die Lufthülle ein Element, das wie ein Blaufilter wirkt, gemeint ist die erdumspannende Ozonschicht. Ozon, O_3 , *absorbiert* tatsächlich, und zwar nicht nur das gefährliche UV, sondern auch die rötlich-gelben Farbtöne im sichtbaren Spektrum. So kommt es, dass vor Sonnenaufgang bzw. nach Sonnenuntergang, wenn das Restsonnenlicht einen langen Weg durch die Lufthülle nehmen muss, will es zu uns gelangen, zwar sein Blauanteil durch vielfache Rayleigh-Streuung stark reduziert ist, der längerwellige Anteil, der eigentlich durchkommt, nun seinerseits durch das Ozon herausgefiltert wird. Für den Physiker völlig unerwartet, erstrahlt so der Himmel selbst in der Dämmerung noch blau. Tagsüber¹ wirkt das Ozon zwar genauso als Filter, aber sein Blau geht in dem kräftigeren Rayleigh-Blau einfach unter.

Dass es das Ozon ist, dem sich die „blaue Stunde“ verdankt, ist eine vergleichsweise späte Erkenntnis. Atmosphärenoptiker kamen Anfang der 50er Jahre des vergangenen Jahrhunderts darauf. Ozon zeichnet übrigens auch für die Blaufärbung des Erdschattens verantwortlich. Es lohnt sich, insbesondere im Hochgebirge, einmal nicht dem Farbenzauber zu verfallen, den die unter dem Horizont befindliche Sonne in ihrer Nähe veranstaltet, sondern den Blick in die Gegenrichtung schweifen zu lassen. Der blaugraue Erdschatten, der sich dort bedrohlich über die horizontnahe Dunstschicht erhebt, ist sehenswert!

Dass Ozon, ein stechend riechendes, chemisch aggressives, bläuliches Gas – man kennt es vom Gewitter und neuerdings vom „Sommersmog“ –, das extrem kurzwellige UV der Sonne abblockt, ist seit über einem Jahrhundert bekannt. Ins allgemeine Bewusstsein trat es wohl erst im Zusammenhang mit

¹Das Ozon kommt für die Blaufärbung des Taghimmels aus einem einfachen Grund nicht in Frage: Absorption bewirkt keine Polarisation! Fotografen wissen um die Polarisation des Himmelslichtes und nutzen diese mittels Polarisationsfilter geschickt zu gestalterischen Zwecken aus.

dem sog. „Ozon-Loch“ über der Antarktis. Die Absorption der hochenergetischen UV-Strahlung der Sonne durch O_2 und O_3 , wobei es auch zur Bildung² von Ozon durch Photolyse (Lichtspaltung) von O_2 kommt, heizt die Stratosphäre auf. Während in der Troposphäre, der untersten Schicht der Atmosphäre, dort, wo sich das Wetter abspielt, die Temperatur mit zunehmender Höhe fällt (0,5–0,7°C pro 100 m), steigt sie in der Stratosphäre wieder an. An deren Obergrenze wird fast der Gefrierpunkt wieder erreicht. Das Temperaturminimum (bis zu -80°C!) definiert die Grenze zwischen Tropo- und Stratosphäre. Diese sog. Tropopause, die je nach geographischer Breite bei 8 bis 16 km Höhe liegt, wirkt als Kältefalle: Kalte Luft kann kein Wasser aufnehmen. Das Wasser kondensiert, gefriert und fällt als *Hydrometeor* nach unten. Die Stratosphäre ist deshalb ausgesprochen trocken. (Wenn es hoch kommt, lässt dort eine Sternschnuppe ihr Wasser. Ein wenig Wasser entsteht bei der Oxidation des Spurengases Methan.)

Der Mars verfügt weder über eine Ozonschicht (und damit auch über keine aufgeheizte Stratosphäre), noch über eine Kältefalle. Vermutlich ist das ein Grund dafür, dass dem Mars das Wasser abhanden gekommen ist. Die UV-Strahlung reicht bis zur Oberfläche und kann den Wasserdampf photolytisch spalten. Die schnellen (weil leichten) Wasserstoffatome verlassen das Schwerefeld des Mars, der langsame (weil schwere) Sauerstoff bleibt zurück und oxidiert den Marsboden, der deshalb rötlich aussieht.

Ohne den schützenden Ozonmantel wäre das Leben auf der Erde niemals dem Wasser entstiegen. Die Pflanzen trauten sich vor ca. 475 Millionen Jahren an Land, die Tiere folgten 110 Millionen Jahre später. Ohne Sonnenbrand konnten sie ihr neues Territorium in Beschlag nehmen und dessen Möglichkeiten erproben.

Als vor vierzig Jahren metallene Überschallvögel im Dienste der zivilen Luftfahrt drohten, in Scharen von der Stratosphäre Besitz zu ergreifen, verwiesen Photochemiker, die um die Hinfälligkeit des Ozonschilds wissen, eindringlich auf die Gefahr, die diesem durch Wasserdampf und Stickoxide aus den Triebwerken einer Flotte von Überschallflugzeugen droht.

Aus wohl wirtschaftlichen Erwägungen ist es bisher, Gott-sei-dank, nicht dazu gekommen.

Der Verlust der „blauen Stunde“ wäre nicht nur für den Dichter tragisch.

²Auf- und Abbau des Ozons regelt ein komplexes chemisches Netzwerk, an dem u. a. OH-Radikale, Stickoxide und die mittlerweile verpönten FCKWs beteiligt sind.