

Liebe Leserin, lieber Leser,

im vergangen Newsletter war von dem Sonneberger Astronomen Cuno Hoffmeister (1892–1968) die Rede gewesen. Die markante Astronomenpersönlichkeit starb vor 50 Jahren am 2. Januar. Hoffmeister, ein Spielwarenkaufmann und astronomischer Autodidakt, machte aus „seiner“ Sternwarte auf dem Erbsbühl bei Sonneberg (Thüringen) ein Weltzentrum der Veränderlichenforschung. Sterne, die, aus welchen Gründen auch immer, ihre Helligkeit ändern, sind interessant. (Man erfährt generell mehr über einen Gegenstand, ändert sich dieser mit der Zeit.) Das muss noch nicht einmal etwas mit Physik zu tun haben. Bei den sog. Bedeckungsveränderlichen ist es ein rein geometrischer Effekt, die wechselseitige Abschattung in einem engen Doppelsternsystem, der einen (in diesem Fall streng periodischen) Lichtwechsel bewirkt. Weil uns hier, durch eine Laune der Natur, diese entgegenkommt, wissen wir über diese Sterne bestens Bescheid. Dank der jahrzehntelangen fotografischen Überwachung des Sternenhimmels auf Veränderlichkeit verfügt das Archiv der Sternwarte über die weltweit zweitgrößte Plattensammlung. Neben Statistik und Physik der Veränderlichen galt Hoffmeisters Interesse allen Leuchterscheinungen des Nachthimmels: Meteoren, leuchtenden Nachtwolken, dem Zodiakallicht . . . Aus den von der Sonne weggewandten flatternden Ionenschweifen der Kometen glaubte er 1943 auf von der Sonne ausgehende „Korpuskularstrahlen“ schließen zu können. Diese Hypothese wurde 1951 von Ludwig Biermann (1907–1986) in Göttingen plasmaphysikalisch untermauert. Der Lichtdruck, der von Kepler (1571–1630) ins Spiel gebracht wurde, reicht zur Erklärung der Ionenschweife nicht aus. Durch Mond- und Venussonden wurde ab 1959 der **S o n n e n w i n d** direkt nachgewiesen. Aufsehen erregte Anfang der 60er Jahre Hoffmeisters Entdeckung einer intergalaktischen Staubwolke.

Vor 60 Jahren, am 31. Januar (Ortszeit) 1958, wurde Explorer 1 gestartet. Der erste US-amerikanische Erdsatellit enthielt an wissenschaftlicher Nutzlast kaum mehr als ein Geiger-Müller-Zählrohr. Das wissenschaftliche Ergebnis der hochfliegenden Mission sollte sich bald als eines der wichtigsten des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957/58 erweisen. Nach zwei wei-

teren Explorern und einem fehlgeschlagenen¹ Schuss zum Mond (Pioneer 3) konnte James Van Allen (1914–2006) die Existenz zweier Strahlungsgürtel verkünden, d. h. Gebiete schneller geladener Teilchen (Elektronen und Protonen). Der äußere Gürtel reicht normalerweise nicht bis zu den geostationären Satelliten. Die nicht ganz unerwartete Entdeckung versetzte der bemannten Weltraumfahrt dennoch einen Dämpfer. Längerwährende bemannte Flüge sollten nicht viel höher als 400 km, die Flughöhe der ISS, reichen.

Die Teilchen der kosmischen Strahlung sind in die Falle des Erdmagnetfelds getappt, wo sie über Stunden bis Jahre gefangengehalten werden. Die Magnetosphäre der Erde ist seitdem im Fokus der Forschung. Wie kometare Ionenschweife reagiert diese Magnetblase empfindlich auf den Sonnenwind. Warum also nicht einmal von Wind und Wetter reden — dem erdnahen „Weltraumwetter“? Über Magnetosphären verfügen auch die Riesenplaneten. Der Strahlungsgürtel des Jupiter übertrifft am Himmel den Vollmond!

Und nun noch eine brisante Meldung aus der Ferne: Ein schwarzes Super-Loch wurde im Herzen einer Teenager-Galaxie entdeckt. Der Quasar ULAS J134208.10+092838.61 aus des Universums Kinderstube hält mit $z = 7,54$ den Rotverschiebungsrekord. (Wir blicken in eine Zeit zurück, als das Universum 8,54 mal kleiner war als heute.) Wie es 690 Millionen Jahren nach dem Urknall bereits zu einer „Punkt“-masse von geschätzten 800 Millionen Sonnenmassen hat kommen können, ist für den Theoretiker, der sich mit kosmologischer Strukturbildung befasst, schleierhaft. Sollte es noch mehr von diesen kindlichen „Monstern“ geben, hat er ein Problem². Man kann nicht stets den Zufall, in diesem Falle eine zufällig starke Anfangsfluktuation, bemühen!

Was das 2018. Jahr astronomisch so *in petto* haben wird, weiß niemand. Wir gehen davon aus, es bleibt spannend! Bleiben Sie bitte auf Empfang!

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im Januar

Gleich am ersten Tag erreicht Merkur mit fast 23° Sonnenabstand seine größte westliche Elongation. Das bedeutet Morgensichtbarkeit! Früher als Merkur sind Mars und Jupiter auf den Beinen. In den Morgenstunden des

¹Dank des Fehlschlags wurden die Strahlungsgürtel *z w e i m a l* durchquert.

²Sir Karl Popper (1902–1994) sähe das positiv: Am Anfang von Wissenschaft stehe stets ein Problem, ein gewichtiges, so lehrte er.

7. Januar kommen die beiden einander recht nahe. Gegen Monatsende taucht auch Saturn westlich aus dem Sonnenglanz auf, also am Morgenhimmel. Zur Mitternacht ist nur ein Zwergplanet sichtbar, der Planetoid Nr. 1, die Ceres. Sie zieht ihre Oppositionsschleife zwischen Löwe und Krebs. Gegenüber der Sonne, in Opposition, befindet sie sich am 31. Januar. Ihre Oppositionshelligkeit wird mit 6,9ter Größe angegeben. Ohne optische Hilfsmittel ist da nichts zu machen. Just am 31. stört der Mond maximal. Als Vollmond steht er ebenfalls in Opposition zur Sonne. Dass der zweite Januarvollmond diesmal wegen einer totalen Mondfinsternis verdunkelt sein wird, hilft uns hierzulande nicht. Die Finsternis fällt für uns auf die Mittagszeit, sie findet unter dem Horizont statt. Der erste Januarvollmond, am 2. Januar, wird in der Presse, die eine Vorliebe für Übertreibung hat, als Super-Vollmond betitelt. Tatsächlich durchleitet der Mond nur wenige Stunden zuvor den erdnächsten Punkt seiner Bahn, das Perigäum. Der Vollmond erscheint entsprechend ein klein wenig größer als normal. Von „super“ kann nicht die Rede sein! Dank der Kürze des Februar wartet dieses Jahr bald mit einem weiteren „blauen“ Mond auf: dem Frühlingsvollmond am 31. März.

Am 3. Januar gegen 7 Uhr steht die Erde der Sonne am nächsten. Sie durchläuft dann das Perihel ihrer Bahn.

Dass die Tage allmählich wieder länger werden, merkt man namentlich am späteren Zu-Bett-Gehen der Sonne.

Weltraumwetter

Magnetische Effekte sind schwach³. Wann spielt das irdische Magnetfeld eine Rolle? Es reicht hin, eine Kompassnadel auszurichten. (Anders als gewisse Tiere haben wird keinen Magnetsinn.) In großen Höhen sieht das anders aus. Gasdichte und -druck nehmen mit der Höhe exponentiell ab, das Erdmagnetfeld aber nur potentiell. So kommt es, dass oberhalb der Ionosphäre das Magnetfeld trotz seiner Schwäche zu einer alles beherrschenden Kraft wird.

³Es handelt sich um einen relativistischen Effekt. Wie man weiß, geht Einsteins relativistische Mechanik bei der Annahme unendlich schnellen Lichts (Lichtgeschwindigkeit $c \rightarrow \infty$) in die Newtonsche Mechanik über. Im Falle der Elektrodynamik, einer von Hause aus relativistischen Theorie, blieb bei diesem Grenzübergang der Magnetismus auf der Strecke. Hinzu kommt, dass es keine isolierten magnetischen Ladungen, Monopole, zu geben scheint. Die Wirkung eines Dipols fällt schneller mit der Entfernung ab als die eines Monopols.

Das Magnetfeld bestimmt die Bewegung des verdünnten und ionisierten Gases, nicht umgekehrt. Ein reines magnetisches Dipolfeld, wie man es von einem Stabmagneten kennt, erstreckt sich ungeachtet seines schnellen (potentiellen) Abfalls bis ins Unendliche. Dem Magnetfeld der Erde ist dies nicht vergönnt. Das vermasselt der Sonnenwind. Für ihn ist die Magnetosphäre ein zu umströmendes, mithin endliches Hindernis.

Das Erdmagnetfeld vermag nicht, in den Sonnenwind einzudringen (aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit), der Sonnenwind nicht bis zur Erdoberfläche vorzudringen⁴. Dort, wo die Drücke – Staudruck des Sonnenwinds und Druck der geomagnetischen Blase – einander die Waage halten, endet die irdische Magnetosphäre. Auf der Tagseite, wo der Sonnenwind frontal anbrandet, am sog. sub-solaren Punkt, sind das rund ein Dutzend Erdradien. Auf der Nachtseite reicht die magnetische Einflussphäre um Größenordnungen weiter in den interplanetaren Raum.

Die Magnetosphäre orientiert sich im wesentlichen an der Magnet-⁵ und nicht an der Rotationsachse. Wie jeder kompassbewaffneter nordamerikanische⁶ Pfadfinder weis, befindet sich der geomagnetische Südpol derzeit im Norden Kanadas, 11,4° vom geografischen Nordpol entfernt.

Gelangen elektrisch geladene Teilchen, Elektronen oder Protonen, die von der Sonne oder anderswo⁷ herkommen, in das Erdmagnetfeld, winden sie sich auf korkenzieherähnlichen Bahnen um dessen magnetische Feldlinien. Nahe der Magnetpole laufen die Feldlinien zusammen. Auf die Teilchen wirkt dies wie ein Spiegel. So rasen die spiralenden Teilchen rastlos im Sekundentakt zwischen den geomagnetischen Polen hin und her. Sie sind in einer „magnetischen Flasche“⁸ gefangen und sammeln sich dort im Laufe der Zeit an. Einige entkommen. An den Polen können die energiegeladenen Elektronen (des äußeren

⁴Und das ist gut so. Der Mars beispielsweise verfügt über keinen schützenden Magnetschild, und so kann der Sonnenwind ungehindert die Marsatmosphäre und -oberfläche erodieren. Vermutlich ist dem Mars dabei das Wasser abhanden gekommen. Man nimmt an, dass sein Dynamo schon vor Jahrmilliarden ausgegangen ist. Planetare Magnetfelder sind dynamo-generiert – es handelt sich nicht um Dauermagnete! Sie beruhen auf dem 1866 von Werner von Siemens (1816–1892) entdeckten dynamo-elektrischen Prinzip.

⁵Der magnetische Dipol liegt etwas exzentrisch. Seine Achse geht nicht genau durch den Erdmittelpunkt.

⁶Bei uns spielt die Missweisung kaum eine Rolle.

⁷Im inneren Strahlungsgürtel entstehen die geladenen Teilchen vor Ort durch Neutronenzerfall und werden *in situ* durch elektrische Felder auf Trab gebracht.

⁸In ähnlicher Weise wird bei der technischen Nutzung der Kernfusion (ITER etc.) Millionen Grad heißes Fusionsplasma magnetisch von den Gefäßwänden ferngehalten.

Strahlungsgürtels) der Erdoberfläche nahe kommen. Beim Eindringen in die Hochatmosphäre kommt's dann zu Polarlichtern.

Es sind diese magnetisch gefangenen Teilchen, insbesondere energiereiche Protonen (des inneren Gürtels), die einen Strahlungsgürtel zu einem gefährlichen Aufenthaltsort machen. Beim Spiralen (Gyration) um magnetische Feldlinien entsteht Synchrotronstrahlung. Diese ist im Falle des Jupiter so stark, dass sie Radioastronomen „hören“ können. (Die Jupiter-Polarlichter kann das Hubble-Weltraum-Teleskop sehen.)

Die Magnetblase der Erde ist fragil, und der Sonnenwind weht recht „böig“⁹. Je nachdem, wie heftig der überschallschnelle¹⁰ Wind anbrandet, verändert sich deren Ausdehnung. Gelegentlich wird's dramatisch. Um Halloween 2003 herum feuerte eine aktive Region auf der Sonne Geschossgarben magnetisierten Sonnenplasmas, sog. koronale Auswürfe, in Richtung Erde. Das abrupte Eindellen und Einspeisen von Energie in die Magnetosphäre erzeugte elektrische Störströme und damit verbunden geomagnetische Stürme. Neben prachtvollen Polarlichtern induzierten diese in Überlandleitungen und Pipelines Ströme, die zu Havarien führten. Erdsatelliten wurden vorsorglich abgeschaltet, und die Besatzung der ISS verkroch sich in den hintersten Winkel der Raumstation.

Alexander von Humboldt (1769–1859), ein Verehrer der Magnetnadel¹¹, und zusammen mit Carl Friedrich Gauß (1777–1855) Organisator einer internationalen Überwachung des Erdmagnetfelds spricht in seinem „Kosmos“ von „magnetischen Ungewittern“.

Zum Schluss noch ein Wort zur *R e k o n n e x i o n*, etwas, das jeden Physiklehrer auf die Palme bringen dürfte. Die magnetische Feldlinie ist – weil es keinen magnetischen Monopol gibt – geschlossen. Man stelle sie sich als dehn- und formbaren Gummiring vor. Im Magnetschweif der irdischen Magnetosphäre wird so ein dünner „Gummiring“ durch den umströmenden Son-

⁹Das hängt mit den Quellen des Windes in der Sonnenkorona zusammen. Plasma kann nur bei sich öffnenden magnetischen Feldlinien entweichen. Besonders schneller Sonnenwind pfeift aus den sog. Koronalöchern, vergleichsweise kühlen Regionen in der ansonsten Millionen Grad heißen Sonnenkorona.

¹⁰Bei magnetisierten Plasmen weicht die Schall- der Alfvéngeschwindigkeit, benannt nach Hannes Alfvén (1908–1995), einem intuitiven Magnetohydrodynamiker, *Enfant terrible* des Physik-Establishments und Nobelpreisträger. Er entdeckte u. a. das Vibrieren magnetischer Feldlinien: Alfvén-Wellen (Magnetschallwellen).

¹¹Humboldt war so vertieft in seine geomagnetischen Messungen, dass er 1806 dem Einzug Napoleons in Berlin beizuwohnen vergaß.

nenwind zu beachtlicher Länge auseinander gezogen. Dabei können Teile derselben Feldlinie einander sehr nahe kommen. Lokal betrachtet handelt es sich um zwei entgegengesetzt gerichtete Feldlinien: Die „untere“ (südliche) kommt aus dem geomagnetischen Nordpol, die „obere“ zieht's zum geomagnetischen Südpol. (In der magnetischen Neutralschicht dazwischen, und zwar quer dazu, muss ein elektrischer Strom fließen.) Angenommen jemand zerschnitte an irgendeiner Stelle beide Feldlinien und verknüpfte die vier Enden schnell (weil es nicht ganz legal ist) neu (und unter Beachtung der Monopolfreiheit), hätte man statt eines geschlossenen Ringes deren zwei, wobei die neue Konfiguration die energetisch günstigere ist. Die Energie, die der Sonnenwind zuvor in das Dehnen der Magnetschleife investiert hat, kann durch das Neuverknüpfen schlagartig freigesetzt werden: Die „Gummiringe“ schnippen zusammen. Durch Änderung der Topologie des Magnetfelds – aus einer geschlossenen Feldlinie werden zwei – kann magnetische Feldenergie spontan in Bewegungsenergie geladener Teilchen überführt werden, sprich in elektrische Ströme, die ihrerseits Magnetstürme entfachen. Plasmaphysiker erklären diverse hochenergetische Phänomene, und zwar nicht nur in der irdischen Magnetosphäre – das bekannteste Beispiel ist das Sonnenflare –, durch Rekonnexion. Rekonnexion zwischen (südwärts gerichteten) Sonnenwind- und (z. Z. nordwärts gerichteten) Erdmagnetfeld an der Tagseite ermöglicht auch den Eintritt solarer geladener Teilchen in den Strahlungsgürtel.

Für Magnetohydrodynamiker und Plasmaphysiker ist die wabernde Magnetosphäre mit ihren strahlungsgefüllten magnetischen Käfigen ein nahes natürliches Laboratorium, wo man das Weltraumwetter, das uns inzwischen alle angeht, kilometergenau erforschen kann – u. a. mit dem Van-Allen-Sonden-Duo. Wetter ist wetterwendisch, von Natur aus. Wie wir wissen, ist für Erkenntnis diese Veränderlichkeit von Vorteil.