Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Band: 75 (2017)

Heft: 398

Artikel: Vom Frühlingsanfang und einer Bahn, die eigentlich keine ist : mit der Erde um die Sonne reisen

Autor: Baer, Thomas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-897065

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 21.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

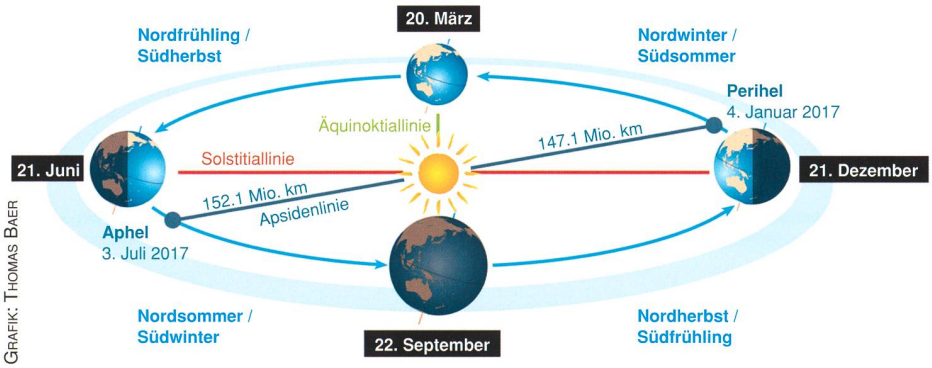
Vom Frühlingsanfang und einer Bahn, die eigentlich keine ist

Mit der Erde um die Sonne reisen

Von Thomas Baer

Am 20. März 2017, genau um 11:29 Uhr MEZ verzeichnen wir den astronomischen Frühlingsbeginn. Die Sonne kreuzt auf ihrer jährlichen «Bahn» den Himmelsäquator nordwärts. Früher fiel das Frühlingsäquinoktium noch auf den 21. März, in ferner Zukunft wird der Lenz bereits am 19. März eingeläutet.

Die Erde umkreist die Sonne 365.256 Tagen auf einer leicht elliptischen Bahn. Die Grosse Halbachse (die Hälfte des grösseren Durchmessers der Ellipse) beträgt dabei 149.6 Mio. km. Sie weicht also bloss um 1.7% von einem Kreis ab. Weil die Sonne in einem der beiden Ellipsenbrennpunkte steht, ist die Entfernung zwischen Erde und Sonne nicht immer gleich. Am vergangenen 4. Januar 2107 passierte die Erde das Perihel, den sonnennächsten Bahnpunkt (0.983309 Astronomische Einheiten [AE] oder umgerechnet 147.1 Mio. km. Anfang Juli 2017 sind wir dann am weitesten vom Tagesgestirn entfernt (152.1 Mio. km). Nach dem zweiten Keplerschen Gesetz sind wir Anfang Jahr immer etwas schneller unterwegs als im Hochsommer, ein Grund, warum der Nordwinter mit 89 Tagen vier Tage kürzer dauert als der Südwinter. Dafür geniessen wir auf der Nordhemisphäre den Sommer etwas ausgiebiger. Perihel und Aphel haben jedoch nichts, wie immer wieder fälschlicherweise gemeint wird, mit den Jahreszeiten zu tun! Diese sind einzig und allein durch die Neigung der Erdachse (23.44°) erklärbar (siehe auch Abbildung 1). Am 21. Juni ist der Nordpol der Erde gegen die Sonne geneigt, am 21. Dezember der Südpol. Am 20. März 2017 haben wir das Frühlingsäquinoktium, den astronomischen Frühlingsbeginn. An diesem Tag sind überall auf der Erde Tag und Nacht gleich lang. Am Nordpol «kriecht» die Sonne dem Horizont entlang und schraubt sich bis zum 21. Juni 2017 auf 23.5° hoch. Am 22. September 2017 verzeichnen wir die Herbsttagundnachtgleiche. Jetzt steht die Sonne wieder senkrecht über dem Äquator und verabschiedet sich für alle Gebiete der Nordhemisphäre südwärts, bis sie am 21. Dezember 2017 den südlichen Wendekreis erreicht hat.



Grafik: Thomas Baer

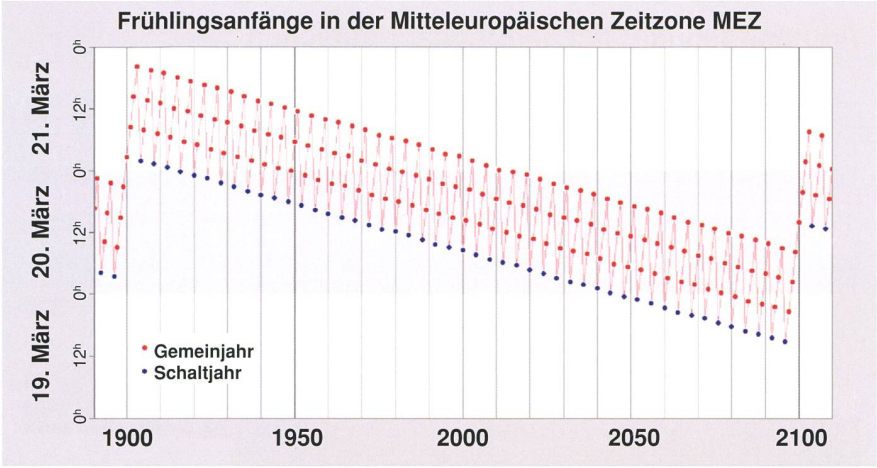
Abbildung 1: Wir sehen hier die Wanderschaft der Erde um die Sonne. Am 4. Januar 2017 standen wir in Sonnennähe, am 3. Juli 2017 ist unser Heimatplanet am weitesten vom Tagesgestirn entfernt.

Warum ist der Frühlingsbeginn nicht mehr am 21. März?

In der Schule haben wir dereinst gelernt, dass der astronomische Frühlingsanfang auf den 21. März falle. Doch dies war nur zu Beginn des 20. Jahrhunderts bis letztmals am 21. März 2011 der Fall. Ab 1920 gab es erstmals einen Frühlingsanfang am 20. März wegen der Schaltjahre. Dann fiel das Frühlingsäquinoktium immer häufiger auf den 20. März. Seit 2011 fällt nie mehr ein Frühlingsanfang auf einen 21. März. Ab 2048 wird der Frühling in den Schaltjahren erstmals an einem 19. März eingeläutet, vorerst allerdings nur in Mitteleuropa.
Gegen Ende des Jahrhunderts fallen die Frühlingsanfänge ausgewogen auf einen 19. oder 20. März. Weil 2100 der Schalttag infolge der Schaltregel ausgelassen wird, springt der Frühlingsanfang wieder auf den 20. oder 21. März zurück. Dieselben Effekte kann man beim astronomischen Herbstbeginn und auch beim Sommer- und Winteranfang beobachten.
Die Ursache liegt einzig und alleine in der Schaltregel begründet. So kumuliert sich der Vierteltag und sorgt für eine allmähliche Verschiebung des Frühlingsbeginns, ehe nach vier Jahren die Situation wieder korrigiert wird (siehe Abbildung 2). Da der Erdumlauf um die Sonne aber nicht exakt einen Vierteltag zu lang ist, wird auch dieser Kommastellenfehler über die Jahre und Jahrzehnte hinweg aufaddiert; der Frühlingsbeginn «entgleitet» allmählich.

Wie ist der Frühlingsanfang definiert?

In der einschlägigen Astronomieliteratur ist der Frühlingsanfang mit dem Überschreiten der Sonne des Himmelsäquators nach Norden erklärt. Damit wir dies verstehen können, lohnt es sich, Abbildung 3 zu studieren.
Vor den Sternbildern scheint die Sonne infolge der Erdbewegung einer «Bahn» zu folgen. Dabei ist es im Grunde genommen bloss das Abbild der Erdbewegung um die Sonne. Dieser scheinbare Pfad, dem



Grafik: Wikipedia

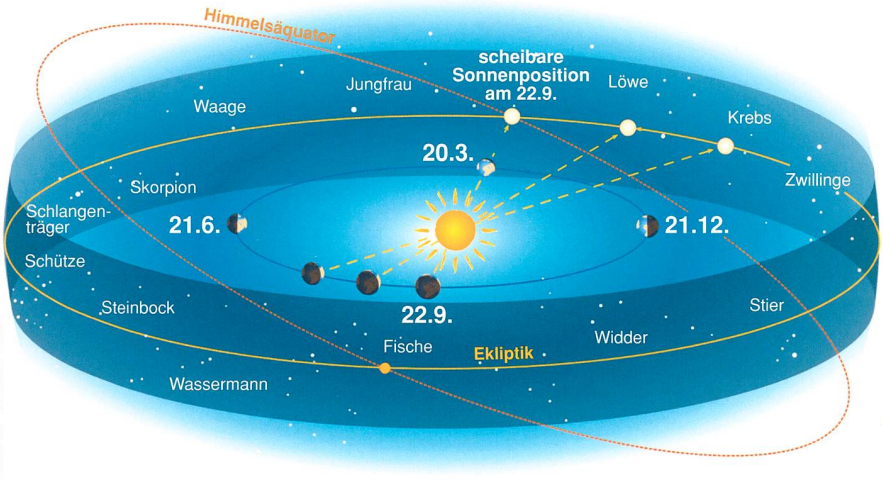
Abbildung 2: In dieser Darstellung sehen wir alle Frühlingsanfänge zwischen 1900 und 2100 in der Mitteleuropäischen Zeitzone. Die vierjährliche Korrektur durch Einfügen eines Schaltages bringt auf die Dauer ebenfalls nicht den gewünschten Effekt, sodass im Jahr 2100 der Schalttag, wie schon 1900, ausgelassen wird. Zwar wird dann der Frühlingsanfang wieder auf den 21. zurückgesetzt, aber nicht mehr so extrem wie 1900.

die Sonne folgt, in der Abbildung gelb eingezeichnet, wird Ekliptik genannt. Der Begriff ist vom Lateinischen *linea ecliptica*, der Eklipse (Finsternis) zugehörig, abgeleitet. Wir können also die Ekliptik auch als Erdbahnebene betrachten. In einem Jahr durchläuft die Sonne den Zodiak (auch Tierkreis genannt), die zwölf in der Astrologie gebräuchlichen «Sternzeichen». In der Astronomie sind die Sternbildsektoren, im Unterschied zu den astrologischen Häusern, unterschiedlich gross, ja die Sonne wandert mit dem Schlangenträger sogar durch ein 13. Sternbild.

Da nun die Erde ihrerseits gegenüber ihrer Umlaufbahn die bereits erwähnten 23.44° geneigt ist, gewinnen wir von der Erde aus gesehen den Eindruck, als würde sich die Sonne unter eben diesen 23.44° über und unter den Himmelsäquator schwingen. An zwei Stellen schneidet die Ekliptik den Äquator und zwar im Frühlings- und im diametral gegenüberliegenden Herbstpunkt. Das Frühlingsäquinoktium liegt bei 0° oder einer Rektaszension von 0^h, der Herbstpunkt bei 180° oder 12^h, verbunden durch die Äquinoktiallinie. 90° dazu haben wir die Solstitial-Punkte (90° bzw. bei 270°), die Punkte der beiden Sonnenwenden.

Die exakten Anfänge der Jahreszeiten sind genau genommen nicht mit dem Überschreiten des Himmelsäquators, respektive dem Erreichen der Sonnenwendepunkte identisch, da die Erde bekanntlich um einen gemeinsamen Schwerpunkt des Erde–Mond-Systems (Baryzetrum) schlingert und dadurch gelegentlich etwas über oder unter der Ekliptikebene steht. Könnten wir vom Erdmittelpunkt aus der Sonne folgen, so würden wir sehen, dass diese nicht exakt auf der Ekliptik läuft, sondern um diese oszilliert. Dadurch passiert sie auch den Frühlings- und Herbstpunkt in den meisten Fällen nicht genau.

Die Zeitspanne von 365 Tagen 5 Stunden und 49 Minuten, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Frühlingsäquinoktien liegt, heisst tropisches Jahr. Jeder Frühlingsbeginn verspätet sich gegenüber des Vorjahres um diese 5 Stunden und 49 Minuten. Wenn wir dies auf vier Jahre hochrechnen, so hat sich die Verspätung auf 23.26 Tage summiert. Der alle vier Jahre eingefügte Schalttag ist somit etwas zu lange, sodass der Frühlingsanfang nach einem ganzen Schaltjahrzyklus rund 44 Minuten verfrüht stattfindet. Diese Drift ist in Abbildung 2 sehr schön zu sehen.



Grafik: Thomas Baer

Abbildung 3: Die Ekliptik (gelb) ist im Prinzip nur das Abbild der Erdbewegung um die Sonne. Am 20. März sehen wir die Sonne im Frühlingspunkt im Sternbild der Fische, am 22. September (hier gezeigt) im Herbstpunkt (Sternbild Jungfrau).

Drehung der Apsidenlinie und eine kreiselnde Erde

Die Erde ist während ihres Umlaufs um die Sonne permanent durch die anderen Planeten gestört. Dadurch wandert die Apsidenline (Verbindungslinie Perihel – Aphel) rechtläufig, also von Westen nach Osten in etwas mehr als 111'000 Jahren eine volle Umdrehung. Unter dem Einfluss des Mondes und der Planeten vollführt die Erde überdies über einen Zeitraum von knapp 26'000 Jahren eine rückläufige «Kreiselbewegung», Präzession genannt.

Diese gegenläufigen Bewegungen haben nun zur Folge, dass das Perihel alle rund 21'000 Jahre einmal durch sämtliche Jahreszeiten wandern. In fernen 10'000 Jahren wird es soweit sein, dass die Sonnennähe mit dem astronomischen Sommerbeginn zusammenfällt, was den Nordsommer zwar etwas kürzer aber intensiver aussfallen lassen wird, während die Winter länger und in Sonnenferne stattfinden werden. Auf der Nordhemisphäre wird die Diskrepanz zwischen Sommer und Winter ausgeprägter. Derzeit haben wir die Sonnennähe um den 3. Januar, die Sonnenferne um den 5. Juli herum. Dies war nicht immer so und wird

sich auch in Zukunft verschieben. Im Jahr 1246, noch lange bevor sich die Urkantone zusammenschlossen, lag die Sonnennähe am Punkt der Wintersonnenwende. Der Winter war damals mit knapp 90 Tagen Dauer fast gleichlang wie der Herbst, Sommer und Frühling währten gut 93 Tage. Derzeit ist der Nordwinter die kürzeste Jahreszeit, und erst ab dem Jahr 3500 dürfen wir auf der Nordhemisphäre wieder etwas länger frieren. Aber erst in noch fernerer Zukunft, nämlich um das Jahr 6430 herum, wenn das Perihel mit dem Frühlingspunkt zusammenfällt, ist der Nordwinter wieder länger als der Nordsommer.

Äquinoktien und der Tagundnachtgleichen

Jahr	Frühlingsanfang	Sommeranfang	Herbstanfang	Winteranfang
2017	20. März 11:29 MEZ	21. Juni 06:24 MESZ	22. Sept. 22:02 MESZ	21. Dez. 17:28 MEZ
2018	20. März 17:15 MEZ	21. Juni 12:07 MESZ	23. Sept. 03:54 MESZ	21. Dez. 23:23 MEZ
2019	20. März 22:58 MEZ	21. Juni 17:54 MESZ	23. Sept. 09:50 MESZ	22. Dez. 05:19 MEZ
2020	20. März 04:50 MEZ	20. Juni 23:44 MESZ	22. Sept. 15:31 MESZ	21. Dez. 11:02 MEZ
2021	20. März 10:37 MEZ	21. Juni 05:32 MESZ	22. Sept. 21:21 MESZ	21. Dez. 16:59 MEZ
2022	20. März 16:33 MEZ	21. Juni 11:14 MESZ	23. Sept. 03:04 MESZ	21. Dez. 22:48 MEZ
2023	20. März 22:24 MEZ	21. Juni 16:58 MESZ	23. Sept. 08:50 MESZ	22. Dez. 04:27 MEZ
2024	20. März 04:06 MEZ	20. Juni 22:51 MESZ	22. Sept. 14:44 MESZ	21. Dez. 10:21 MEZ
2025	20. März 10:01 MEZ	21. Juni 04:42 MESZ	22. Sept. 20:19 MESZ	21. Dez.16:03 MEZ

CaSSIS schickt erste hoch aufgelöste Bilder vom Mars

Die Marskamera CaSSIS auf der ExoMars-Sonde Trace Gas Orbiter hat ab dem 22. November die ersten hoch aufgelösten Bilder des Roten Planeten aufgenommen. Die Berner Kamera arbeitete fast perfekt und hat einen spektakulären Blick auf die Oberfläche geliefert.

CaSSIS (Colour and Stereo Surface Imaging System) wurde von einem Team der Universität Bern unter der Leitung von Prof. Nicolas Thomas vom Center for Space and Habitability (CSH) entwickelt. Die Kamera startete am 14. März 2016 mit der ExoMars-Sonde Trace Gas Orbiter (TGO) der Europäischen Raumfahrt Agentur ESA ihre Reise zum Mars. Ihr Ziel erreichte die Sonde am 19. Oktober und trat in die Marsumlaufbahn ein. CaSSIS hat nun ihre ersten Bilder aus dem Orbit gesendet. «Die ersten Bilder, die wir erhielten, sind absolut spektakulär – und es sollte nur ein Test sein», sagt Nicolas Thomas.

Erfolgreiche Tests von Kamera und Raumsonde

Die Sonde befindet sich derzeit in einer sehr elliptischen Umlaufbahn von etwas mehr als 4 Tagen Dauer um den Mars. Sie kommt kurzzeitig bis auf 250 km an die Planetenoberfläche heran und entfernt sich dann wieder bis auf über 100'000 km. Zwei dieser nahen Vorbeiflüge wurden ausgewählt, um CaSSIS und die drei anderen Instrumente an Bord des TGO zu prüfen. Die erste Annäherung fand am 22. November statt.

«Das geglückte Abbremsen des TGO in der Marsumlaufbahn hat wenig Beachtung gefunden, da die Bruchlandung des Landers Schiaparelli die öffentliche Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat. Wir hatten aber alle Hände voll zu tun, unser wissenschaftliches Programm zu starten», sagt Nicolas Thomas. Das Berner Team war in den letzten Wochen intensiv damit beschäftigt, die Beobachtungssequenzen für die beiden nahen Vorbeiflüge zu planen. Insgesamt elf Bilder wurden während des ersten Vorbeiflugs zurückgeschickt. Die Raumsonde überflog an ihrem nächsten Punkt zum Mars eine Region namens Hebes Chasma.

«Wir haben Hebes Chasma mit 2.8 Metern pro Pixel gesehen», sagt Thomas. «Das ist, als ob wir mit 15'000 Stundenkilometern über Bern hinweg rasen und gleichzeitig scharfe Bilder von Autos in Zürich schiessen würden.»

Zusätzliche Daten wurden erhoben, um die Qualität der Bilder bei der Nachbearbeitung zu verbessern. Die daraus resultierende Bildqualität beeindruckte das gesamte Team: «Wir waren ziemlich nervös, aber es sieht so aus, als ob fast alles so funktioniert, wie wir es geplant haben. Die so entstandenen Bilder sind wirklich scharf», freut sich Antoine Pommerol, CaSSIS Co-Investigator vom Center of Space and Habitability (CSH) an der Universität Bern.

Die Farb- und Stereofähigkeiten von CaSSIS wurden ebenfalls erfolgreich getestet. «Die Techniken zur Herstellung von Stereobildern aus dieser Art von Daten werden noch entwickelt, aber unsere italienischen Kollegen vom Astronomischen Observatorium von Padova, die Experten auf diesem Gebiet sind, konnten in nur wenigen Tagen ein erstes Ergebnis erzielen», so Thomas. Es wurde eine 3D-Rekonstruktion der Region Noctis Labyrinthus anhand von zwei Stereobildern erstellt. Diese erste Analyse zeigt eine der für die Region charakteristischen Steilhänge.

Auch der Farbtest war erfolgreich. Da jedoch die ersten Bilder von einer Region mit grossen Vulkanen stammen, deren Oberflächen mit Staub bedeckt sind und nur wenige Farbveränderungen aufweisen, kann das CaSSIS-Team noch nicht abschliessend sagen, wie die Farbqualität letztendlich sein wird. «Wir müssen noch ein wenig warten, bis wir eine buntere Region überfliegen», erklärt Thomas. Bis dahin werden die Bilder schwarz-weiss sein.

In den nächsten Monaten wird das Team die Vorbereitungen für die Hauptmission starten. «Obwohl der Test sehr erfolgreich war, haben wir ein paar Dinge identifiziert, die in der Onboard-Software und in der Bodennachbearbeitung verbessert werden müssen», sagt Thomas.

Um seine endgültige Umlaufbahn zu erreichen, wird der TGO im März 2017 damit beginnen, die Marsatmosphäre zum Abbremsen zu nutzen. Nach etwa neun bis zwölf Monaten wird die Sonde dann in einen kreisförmigen Orbit 400 km über der Marsoberfläche eingeschwenkt sein. Die wissenschaftliche Hauptphase beginnt Ende 2017. CaSSIS wird dann mit dem «normalen Betrieb» beginnen und 12-20 hochauflösende Stereo- und Farbbilder von ausgewählten Zielen pro Tag liefern.