Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 10 (1965)
Heft: 91

Artikel: Die Definition der Zeiteinheit
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-900050

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: 02.10.2025

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

Frequenz umgekehrt proportional. Der «spektrale Index» beträgt 0.8. [Beim Krebsnebel 1054 sowie beim Schleier-Nebel im Cygnus (20 000 v. Chr?) ist sie dagegen nur der 0.3-ten Potenz umgekehrt proportional.] Dieser Befund bekräftig die Hypothese des *Supernova-Restes von Cas A*.

Welcher *Strahlungs-Mechanismus* kann die Radio-Strahlung der Cas A erklären? Es ist sicher, dass die strahlenden Teilchen nicht nach dem Gesetz von Planck strahlen. Es bleibt nur die Ausstrahlung infolge der beschleunigten Bewegungen elektrischer Teilchen: schon seit mehr als fünfzig Jahren ist es in der theoretischen Physik bekannt, dass *beschleunigt* bewegte Teilchen überall im Raume elektromagnetische Strahlungsenergie erzeugen. Wie kommt aber die Beschleunigung zustande? Es ist sicher, dass sie nicht — wie beim Orionnebel — von hyperbolischen Vorübergängen der Elektronen an den positiv geladenen Kernen herrührt. Die Radiostrahlung der Cas A entstammt vielmehr der Beschleunigung der sehr schnellen («relativistischen») Teilchen durch die im Nebel vorhandenen *elektromagnetischen Felder*. Eine solche Strahlung wird *Synchrotron-Strahlung* genannt.

Es ist merkwürdig, dass die Radio-Strahlung der Cas A pro Jahr um rund 1% *abnimmt*. Diese rasche Abnahme kann nach *Sklovsky* erklärt werden, wenn man annimmt, dass die Supernova 1702 sehr schnelle elektrische Teilchen sowie das magnetische Feld erzeugte. Wenn man weiter postuliert, dass die magnetische Feldstärke umgekehrt proportional zum Quadrat des Radius des Nebels und die Energie der Teilchen umgekehrt proportional zum Radius selbst abnimmt, kann man eine allerdings 2%-ige, jährliche Abnahme herleiten.

Allgemeine Rechnungen zeigen, dass Nebel mit einem grossen Spektralindex — wie Tycho 1572, Kepler 1604 und Cas A — zeitlich rascher schwächere Radiostrahler werden, während Nebel mit einem kleinen Spektralindex — wie der Krebsnebel und der Schleiernebel im Cygnus — mit ihrer Radiostrahlung haushälterischer umgehen, so dass sie nach dem Ausbruch noch längere Zeit sichtbar sind.

Adresse des Verfassers:

Dr. Emil Kruspan, Astronomische Anstalt, Venusstrasse 7, 4102 Binningen-Basel.

DIE DEFINITION DER ZEITEINHEIT

Oft wird in Physik- und populären Astronomie-Büchern noch folgende alte Definition der Zeiteinheit angegeben: die Sekunde ist 1/86400 des mittleren Sonnentages. Der mittlere Sonnentag steht in

unmittelbarem Zusammenhang mit der Rotationsdauer der Erde, im wesentlichen dem Sterntag. Die Erdrotation ist aber nicht gleichförmig sondern weist Schwankungen auf, die in eine progressive, säkuläre Verlangsamung, in mehr oder weniger regelmässige jahreszeitliche und in unregelmässige Schwankungen aufgeteilt werden können. Als primäres Zeitnormal ist der Tag also denkbar ungeeignet, auch wenn seine Dauer nur um Millisekungen schwankt. Die Genauigkeit der aus ihm abgeleiteten Zeiteinheit, der Sekunde, ist kaum besser als ein Teil in zehn Millionen Teilen (relative Genauigkeit 10^{-7}).

Nach langen Vorarbeiten, zuerst der Astronomen (IAU), dann des Comité International des Poids et Mesures (1956), ratifizierte im Jahre 1960 die XIe Conférence Générale des Poids et Mesures die neue Sekundendefinition, die sog. *Ephemeridensekunde.* Diese ist aus dem jährlichen Umlauf der Erde um die Sonne abgeleitet, das primäre Normal ist die Länge des tropischen Jahres 1900 Januar 0.5, welche auf 31 556 925.9747 Sekunden festgesetzt worden ist (s.a. Orion Nr. 69, 1960, S. 886). Diese Zeiteinheit ist aber nur indirekt verfügbar. Die *Ephemeridenzeit* kann aus dem Vergleich der beobachteten scheinbaren Oerter der Sonne und des Mondes mit den auf Grund der Himmelsmechanik berechneten Oertern (Ephemeriden) erhalten werden. Definitionsgemäss ist die Ephemeridenzeit eine bezüglich der Gesetze der Himmelsmechanik streng gleichförmig ablaufende Zeit. Auch bei Einsatz der modernsten Hilfsmittel der Beobachtungstechnik kann kaum erwartet werden, dass die Ephemeridensekunde je besser bestimmt sein wird als auf einen Teil in einer Milliarde Teilen (10^{-9}), also immerhin hundertmal besser als die Sekunde aus dem mittleren Sonnentag.

Die Messgenauigkeit bei Vergleichen von *Frequenzen* im Mikrowellengebiet übersteigt diese «astronomische» Genauigkeit um einen Faktor von nochmals mindestens 100. Schwingungszahlen, Frequenzen, sind immer auf die Zeiteinheit bezogen (z.B. beträgt die Wechselspannungsfrequenz der öffentlichen Stromversorgung 50 Schwingungen pro *Sekunde* oder 50 Hertz, 1 Hz entspricht 1 Schwingung pro Sekunde). Der Wunsch der Physiker ist deshalb verständlich, über eine Zeiteinheit zu verfügen, deren Genauigkeit und Reproduzierbarkeit von der Grössenordnung der Messgenauigkeit ist, d.h. mindestens 10^{-11} oder gar 10^{-12}*. Elektronische Methoden erlauben es heute. Frequenzen von der Grössenordnung 10 Milliarden Hertz (10^{10} Hz) miteinander oder mit niedrigeren Frequenzen zu vergleichen. Es ist deshalb möglich, als Zeitnormale Vorgänge in den Atomen zu benützen, bei denen die Energie-

* Diese Genauigkeit würde es theoretisch erlauben, eine Zeitspanne von 10^{12} Sekunden, d.h. von 30 000 Jahren, auf eine Sekunde genau zu messen; könnte bei der Längenmessung diese Genauigkeit erreicht werden, hiesse das, den Erdumfang auf einige hundertstel Millimeter zu bestimmen!

Umsetzung Anlass zur Emission oder Absorption elektromagnetischer Strahlung im Mikrowellengebiet gibt, mit Schwingungszahlen zwischen 10^9 und 10^{11} Hz (z.B. Wasserstoff-21 cm-Strahlung bei 1.42×10^9 Hz, Thallium-Resonanz bei 21.3×10^9 Hz, Caesium-Resonanz bei 9.2×10^9 Hz). Es besteht aller Grund, diese Vorgänge als zeitlich unveränderlich anzusehen und die mit ihnen verknüpften Frequenzen als Normale zur Eichung von Quarzoszillatoren (Quarzuhren) heranzuziehen.

Da die Entwicklung auf dem Gebiet der Atom-Frequenznormale immer noch im Fluss ist, wollte man sich nicht jetzt schon auf einen bestimmten atomaren Energieübergang festlegen bei der Definition der Zeiteinheit. Im Oktober 1964 hat die XIIe Conférence Générale des Poids et Mesures jedoch festgestellt, dass die Einführung einer physikalisch definierten Zeiteinheit nicht mehr lange aufgeschoben werden kann. Sie hat das Comité International des Poids et Mesures ermächtigt, vorübergehend ein geeignetes Atom-Frequenznormal als verbindlich zu erklären. Das Comité hat bereits seinen Beschluss bekannt gegeben: Die gewählte Frequenz entspricht einem genau bezeichneten Hyperfein-Uebergang des Caesium-133-Atoms, ihr Wert ist auf 9 192 631 770.0... Hz festgelegt. Dieser beruht auf den Messungen der Cs-Frequenz im System der Ephemeridensekunde (Markowitz, Hall, Essen, Parry, 1958).

Diese «Atomsekunde» dauert also 9 192 631 770 Schwingungen der «Caesium-Strahlung», sie entspricht, innerhalb gewisser Grenzen, der jetzt gültigen Ephemeridensekunde. Sie hat, als Zeitnormal, den grossen Vorteil, dass sie im Laboratorium jederzeit mit höchster Genauigkeit (ca. 10^{-11}) zur Verfügung steht und zum Aufbau einer Zeitskala, der *Atomzeit,* dienen kann. Mit Hilfe von Normalfrequenz- und Zeitzeichen-Sendungen stellen die verantwortlichen Zeitinstitute (in der Schweiz das Observatorium Neuchâtel) jedermann diese «Sekundenlänge» mit kaum verminderter Präzision zur Verfügung (Genauigkeit der Normalfrequenzen ca. 10^{-10}, der Zeitzeichen jederzeit mindestens die Millisekunde; s.a. Orion Nr. 84, 1964, S. 99).

Es ist anzunehmen, dass sowohl die Frequenznormale wie die drahtlose Uebermittlung von Frequenz und Zeit weiter entwickelt werden; auch in Neuchâtel sind derartige Studien im Gange. Man bleibt auch nicht beim Caesium-Normal stehen; bereits sind Thallium- und Wasserstoff-Normale im Betrieb (Observatorium Neuchâtel, Laboratoire suisse de recherches horlogères, Neuchâtel, und andernorts). Da aber die Genauigkeit mit der Zeit nur verbessert werden kann, wird bei der möglichen Wahl eines andern Mikrowellen-Ueberganges als jener von Caesium zur offiziellen Einheit keine Unstetigkeit eintreten, da der Caesium-Wert auf 9 192 631 770 festgehalten werden kann — es würden einfach, entsprechend der höheren Messgenauigkeit, weitere Nullen angehängt —.

Damit können die hohen Ansprüche der Physiker befriedigt werden. Die Astronomen, welche die Planetenbewegung studieren, werden die Atomzeit als neues Hilfsmittel willkommen heissen, für ihre Zwecke, die Himmelsmechanik, aber an der Ephemeridenzeit weiter festhalten.

Man hat so die Möglichkeit, die zwei voneinander unabhängigen Zeitsysteme miteinander zu vergleichen: die allein auf den Gesetzen und Konstanten der Gravitation beruhenden Ephemeridenzeit einerseits und die aus den atomaren Vorgängen und der Quantenmechanik hervorgehende Atomzeit andrerseits, die beide, gemäss ihren Definitionen und in Bezug auf die ihnen zugrundeliegenden Vorgänge und Theorien, streng gleichmässig ablaufen. Vorläufig können keine gegenseitigen Abweichungen der beiden Zeitmassstäbe festgestellt werden, sie sind identisch innerhalb der Genauigkeit der astronomischen Bestimmung der Ephemeridenzeit.

Für das tägliche Leben eignet sich aber weder die eine noch die andere Zeitskala, man benützt weiter die mittlere Sonnenzeit oder die sog. *Weltzeit,* welche mit der unregelmässig rotierenden Erde zusammenhängt. Die Zeitzeichen und Normalfrequenz-Sendungen müssen also derart gestaltet werden, dass sie dem Physiker Atom-Normalfrequenzen und dem Geodäten und Navigator astronomische Weltzeit vermitteln.

Zusammenstellung der alten und neuen Sekunden-Definitionen:

1 Sekunde war, bis 1960, 1/86400 des mittleren Sonnentages, schwankend, bestimmt auf ca. 10^{-7} genau.

1 Ephemeridensekunde, die vorläufig noch gültige Zeiteinheit, ist 1/31556925.9747 des tropischen Jahres 1900, Januar 0.5, seit 1960, Genauigkeit ca. 5×10^{-9}.

1 Atomsekunde ($\sim$ 1 Ephemeridensekunde) entspricht 9 192 631 770 Cs-Schwindungen, Reproduzierbarkeit ca. 10^{-11}, verwendet seit 1958, praktische — aber noch nicht offizielle — Einheit seit 1964.

F. E.

BEOBACHTER – ECKE
LA PAGE DE L'OBSERVATEUR

Besondere Himmelserscheinungen im Oktober-Dezember 1965.

In der zweiten Oktober-Dekade durchzieht das *Planetenpaar Venus-Mars* am frühen Abendhimmel gemeinsam das Sternbild des Skorpion und bildet zusammen mit dem rötlich funkelnden Antares ein helles «Dreigestirn». Mars ist dabei allerdings etwa 100mal lichtschwächer