

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 9 (1964)  
**Heft:** 87

**Artikel:** Die astronomischen Konstanten  
**Autor:** Gondolatsch, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-900244>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.05.2025

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

# DIE ASTRONOMISCHEN KONSTANTEN

Von F. GONDOLATSCH, Heidelberg

## I

Auf der Versammlung der Internationalen Astronomischen Union, die vor wenigen Monaten in Hamburg stattgefunden hat, wurde — nach sorgfältiger Vorarbeit — der Beschluss gefasst, ein neues Wertesystem astronomischer Konstanten zum Gebrauch in den astronomischen Jahrbüchern einzuführen. In der Liste, in der die neuen Werte verzeichnet sind, finden wir höchst gewichtige Begriffe, darunter die Sonnenparallaxe, die Aberrationskonstante, den Erdradius und die Massen von Erde und Mond. Was sind das für Konstanten? Wo kommen die neuen Werte her, was hat ihre Einführung in die Ephemeridenwerke für Folgen und warum ändert man überhaupt so viele Grössen auf einmal?

Die Antworten auf all diese Fragen werden wir am leichtesten finden, wenn wir den Bereich der astronomischen Forschung uns vor Augen stellen, in dem diese Konstanten am allermeisten gebraucht werden: das Studium der Planeten- und Fixstern-Bewegungen. Die Kenntnis dieser Bewegungsvorgänge beruht auf der Bestimmung von Stern-Örtern; ganze Reihen von Positionsbestimmungen der Objekte an der Sphäre sind notwendig, um die Elemente einer Planetenbahn oder die Eigenbewegung eines Fixsterns abzuleiten. Die für diese Messungen notwendigen Beobachtungsinstrumente stehen auf Sternwarten, und die Sternwarten befinden sich auf der *Erdoberfläche* — das sind für uns ganz selbstverständliche, ja trivial erscheinende Tatsachen; aber schon wenige Schritte weiteren Nachdenkens werden uns zeigen, dass wir mit der Feststellung «die Orts- und Bewegungs-Bestimmungen der Gestirne erfolgen von der Erdoberfläche aus» bereits tief in einen wichtigen astronomischen Problemkreis, nämlich mitten hinein in unser Thema «Die astronomischen Konstanten» vorgedrungen sind.

Erde und speziell Erdoberfläche als Ort der Beobachtungen bringen es mit sich, dass in allen Auswertungen, bei denen aus den vorgenommenen Messungen die Bewegungen der Gestirne ermittelt werden sollen, die physikalischen und kinematischen Eigenschaften unserer Erde selbst Berücksichtigung finden müssen: Grösse und Gestalt, tägliche Drehung und Jahresumlauf, gegenseitige Bewegungs- und Massen-Verhältnisse von Erde und Mond. Diese eben zitierten Erscheinungen und Vorgänge werden durch eine Gruppe von festen Begriffen und den dazugehörigen Zahlenwerten charakterisiert, für die sich der Sammelbegriff «Astronomische Konstanten» eingebürgert hat. Diese Konstanten sind, in drei Gruppen angeordnet:

## Erde, Dimensionen und Gravitation

1. Äquatorradius der Erde
2. Erdadplattung
3. Schwerebeschleunigung am Äquator
4. Masse der Erde, in Gramm und in Einheiten der Sonnenmasse

## Bewegungen der Erde (Rotation und Jahresumlauf)

5. Sonnenparallaxe
6. Länge der Astronomischen Einheit in Kilometern
7. Aberrationskonstante
8. Präzessionskonstante
9. Nutationskonstante
10. Schiefe der Ekliptik
11. Zahl der Ephemeriden-Sekunden im tropischen Jahr

## Erde und Mond

12. Mittlere Entfernung des Mondes von der Erde
13. Konstante der «Parallaktischen Ungleichheit» in der Mondbewegung
14. Konstante der «Mondgleichung» in der Erdbewegung
15. Masse von Erde + Mond in Einheiten der Sonnenmasse
16. Masse des Mondes in Einheiten der Erdmasse.

Eine Fülle von Namen und Begriffen — unter manchen kann man sich sogleich etwas vorstellen, andere sind unbekannt und bedürfen der Erklärung. Die drei Überschriften «Erde ... , Bewegungen ... usw.» sollen nicht so sehr eine inhaltliche Trennung in einzelne Gruppen charakterisieren; sie sollen vielmehr ein Hilfsmittel sein, das die Orientierung in dem dichten Wald der Namen all dieser Konstanten erleichtert. Beim ersten Ueberlesen macht ja die Liste dieser 16 Begriffe einen recht uneinheitlichen Eindruck; lässt man aber den Augen und Gedanken ein wenig Zeit, um sich zurechtzufinden, so gewinnen die Dinge bald Leben und Farbe. Man sieht, dass hier tatsächlich alle die konstanten Grössen zusammengetragen sind, die bei den Berechnungen zur Bestimmung von Örtern an der Sphäre und Bewegungen im Raum auftreten. Man entdeckt, dass in der Liste Grössen verzeichnet sind, die nicht mit astronomischen Methoden bestimmt werden, sondern in die Geodäsie gehören: zum Beispiel Erdradius und Schwerebeschleunigung.

Man sieht aber auch, dass gerade diese Konstanten mit anderen in der Liste vorkommenden Begriffen eng zusammenhängen: Erdradius und Sonnenparallaxe, Schwerebeschleunigung und Erdmasse. Überhaupt kann man allmählich alle möglichen Grade der Verwandtschaft unter den Mitgliedern der Konstanten-Liste entdecken: Sonnenparallaxe (5) und Astronomische Einheit (6) sind äquivalente Grössen; Sonnenparallaxe und Aberrationskonstante (7) sind dadurch eng mit einander verknüpft, dass in beiden Grössen die grosse Halbachse der Erdbahn vorkommt. Wenn wir die Masse des Systems (Erde + Mond) in Einheiten der Sonnenmasse (15) und die Mondmasse in Einheiten der Erdmasse (16) kennen, ergibt sich natürlich die Masse der Erde in Einheiten der Sonnenmasse (4) von selbst. Und schliesslich als Beispiel zweier von einander unabhängiger Grössen: Erdradius (1) und Mondmasse (16).

Zwei physikalische Grundgrössen, die in einigen unserer astronomischen Konstanten auftreten, sind in der Liste nicht gesondert aufgeführt: die Lichtgeschwindigkeit und die Newtonsche Gravitationskonstante. Auch liegt es nahe, den Begriff «Astronomische Konstanten» so zu erweitern, dass überhaupt alle festen Grössen, die in der Dynamik unseres Planetensystems auftreten, mit eingeschlossen sind; das bedeutet praktisch, dass in das Konstanten-Verzeichnis auch alle Bahnelemente der Planeten und des Mondes und die Werte der Massen der Grossen Planeten aufgenommen werden.

Wir wollen jetzt nach dieser ersten Orientierung die 16 Nummern unserer Liste durchgehen und dabei die notwendigen Definitionen und Zahlenwerte angeben. Diese charakteristischen Angaben sollen in jedem Einzelfall gerade soweit gehen, wie wir sie für unseren Zweck — den Gesamtkomplex der Konstanten und seine Problematik zu betrachten — brauchen. Die Zahlenwerte des am Anfang erwähnten neuen Konstantensystems sind in dieser Zusammenstellung durch (System 1964) gekennzeichnet. Der Leser wird bemerken, dass diese Werte der neuen Konvention in einigen Fällen (Erdmasse, Aberrationskonstante) von denjenigen Zahlenwerten abweichen, die sich aus guten neuen Beobachtungen ergeben. Es soll dann abschliessend das Ziel unserer weiteren Betrachtung sein, die Herkunft gerade dieser Diskrepanzen und überhaupt den Sinn eines «Systems» von Konstanten zu erklären.

## 1. Äquatorradius der Erde $\rho_0$

In der Astronomie wurde bisher der Wert  $\rho_0 = 6\,378\,388\text{ m}$  verwendet, der in Geodäsie und Geophysik durch eine Konvention 1924 eingeführt wurde und fast völlig identisch ist mit dem von Hayford 1909 für das Erdellipsoid abgeleiteten Wert. Die besten neuen Bestimmungen sind 1961 von W. M. Kaula zu einem «World Geodetic System» verarbeitet; daraus übernommen  $\rho_0$  (System 1964) =  $6\,378\,160\text{ m}$ .

## 2. Abplattung der Erde $f = \frac{\rho_0 - \rho_p}{\rho_0}$ ;

dabei  $\rho_0$  = Polarradius. Bisher verwendeter Wert wie bei (1) aus der geophysikalischen Konvention (1924)  $f = 1 : 297.0$ . —  $f$  (System 1964) =  $1 : 298.25$ , nach Kaula's Bearbeitung von geodätischen Messungen und Satelliten-Beobachtungen (1961).

## 3. Schwerebeschleunigung am Äquator $g_0$ ;

ergibt sich aus Schweremessungen mit Reversionspendeln. Bester Wert  $g_0 = 978.04 \text{ cm sec}^{-2}$ . Im neuen Konstantensystem tritt nicht  $g_0$ , sondern als äquivalente Grösse die «Geozentrische Gravitationskonstante»  $GE$  auf; definiert als das Produkt aus der Newtonschen Gravitationskonstante  $G$  und der Erdmasse  $E$ . Die Gravitationskonstante  $G$  ist der Proportionalitätsfaktor im Newtonschen Gravitationsgesetz; die Bestimmung des Zahlenwertes erfolgt im physikalischen Laboratorium mit hochempfindlichen Waagen. Gebräuchlicher Wert, nach Heyl,  $G = 6.670 \times 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ sec}^{-2}$ . Die Bestimmung der Erdmasse  $E$  wird im folgenden Punkt 4 besprochen.

Der Wert der Schwerebeschleunigung am Äquator  $g_0$  ist von dem für den Äquatorradius  $\rho_0$  gewählten Zahlenwert abhängig; die Geozentrische Gravitationskonstante enthält diesen Parameter  $\rho_0$  nicht.  $GE$  ist also in der Abhängigkeit von anderen Konstanten einfacher aufgebaut als  $g_0$ . Wir haben — entgegen der Liste der neuen Konstanten-Konvention — hier zunächst  $g_0$  in unsere Liste aufgenommen und dann erst  $GE$  erklärt, weil die Schwerebeschleunigung am Äquator eine direkt messbare, sehr bekannte geodätische Grösse ist. Die Konstanten-Konvention hat auch analog zu  $GE$  eine «Heliozentrische Gravitationskonstante»  $GS$  eingeführt, wo  $S$  die Masse der Sonne bedeutet.

## 4. Masse der Erde

Der Wert der Erdmasse in Gramm  $E$  ist aus Schweremessungen abgeleitet;  $E = 5.976 \times 10^{27} \text{ g}$ .

*Masse der Erde in Einheiten der Sonnenmasse.* Die Massen der Planeten ergeben sich zunächst in Einheiten der Masse ihres Zentralgestirns, der Sonne; kennt man die Sonnenmasse in Gramm, dann können auch die Massenwerte der Planeten in Gramm umgerechnet werden. Die Bestimmungen der Planetenmassen sind sehr schwierig, die Resultate dementsprechend unsicher. Die Massenwerte werden errechnet aus Gravitationswirkungen, die der Körper, dessen Masse gesucht ist, auf einen anderen Körper des Sonnensystems ausübt. Bei der Erde — die uns hier allein interessiert — liegt eine ziemlich komplizierte Situation vor: Die Gravitationswirkungen auf die anderen Mitglieder unseres Planetensystems rühren von der Massensumme

(Erde + Mond) her. Das bewirkt, dass sich bei den Berechnungen auch zunächst einmal der Wert für die Masse beider Gestirne Erde und Mond zusammen ergibt. Will man die Masse der Erde allein (in Einheiten der Sonnenmasse) haben, so muss man erst die Mondmasse bestimmen und von der Massensumme (Erde + Mond) abziehen. Die Berechnung der Primärwerte Masse (Erde + Mond) und Mondmasse sollen erst unter Nr. 15 und 16, im Abschnitt « Erde und Mond » besprochen werden. Das Resultat für die Masse der Erde allein soll aber schon hier gegeben werden, damit diese Zahl dem oben genannten Wert Erdmasse in Gramm  $E$  gegenübergestellt werden und aus beiden gemeinsam die Masse der Sonne in Gramm errechnet werden kann.

Bezeichnungen :

- $m_1$  Masse (Erde + Mond), für Sonnenmasse = 1
- $m$  Masse der Erde allein, für Sonnenmasse = 1
- $\mu$  Masse des Erdmondes, für Erdmasse = 1

Beste Werte :

- $m_1 = 1 : 328\,452$
- $\mu = 1 : 81.30$

Daraus ergibt sich nach der Formel

$$m_1 = m (1 + \mu), [1]$$

die den Zusammenhang zwischen den drei Massenwerten ausdrückt, für die Masse der Erde

$$m = 1 : 332\,492.$$

In das neue Konstanten-System ist jedoch nicht dieser Wert, sondern der etwas abweichende Wert  $m(\text{System } 1964) = 1 : 332\,958$  aufgenommen worden; der Grund für diese Abänderung wird mit den auf Seite 270 × 273 gegebenen Erläuterungen zu Tabelle 1 verstanden werden.

Der Wert der *Sonnenmasse in Gramm*  $S$  ergibt sich aus der Kombination der beiden Erdmassen : in Gramm und in Einheiten der Sonnenmasse. Mit dem oben genannten Wert für  $E$  und unserer Zahl 332 492 erhält man  $S = 1.987 \times 10^{33}$  g.

## 5. Die Sonnenparallaxe $\pi_{\odot}$

ist eine der wichtigsten astronomischen Konstanten.  $\pi_{\odot}$  ist der Winkel, unter dem vom Sonnenmittelpunkt aus der Äquatordurchmesser der Erde  $\rho_0$  erscheint, wenn die Entfernung zwischen Erde und Sonne gerade gleich der grossen Halbachse  $a$  der Erdbahnellipse ist. Der mathematische

Ausdruck für diese Definition lautet, wenn man den Winkel  $\pi_{\odot}$  in Bogen-  
sekunden angibt,

$$\pi_{\odot}'' = \frac{\rho_0}{a} \cdot \frac{1}{\sin 1''} \cdot [2]$$

Der Zweck der Bestimmung der Sonnenparallaxe ist: die Länge der grossen Halbachse  $a$  der Erdbahn in einem irdischen linearen Mass, zum Beispiel in Kilometern, angeben zu können. Man kann der Gleichung [2] entnehmen, dass dies möglich ist, wenn man den Winkel  $\pi_{\odot}$  gemessen hat; denn  $\rho_0$  ist ja in km bekannt und  $a$  erhält man dann ebenfalls in km, wenn man in [2] dieses  $\rho_0$  und den gemessenen Winkelwert  $\pi_{\odot}''$  einsetzt. Weiteres dazu siehe bei dem folgenden Punkt 6.

Zur Messung von  $\pi_{\odot}$  stehen drei Hauptmethoden zur Verfügung, die hier kurz durch die Stichworte geometrisch, dynamisch und Radar gekennzeichnet seien. Bei der *geometrischen* Methode wird tatsächlich ein parallaktischer Winkel gemessen; aber nicht an der Sonne, sondern am besten an dem Kleinen Planeten Eros: nämlich aus der Kombination einer sehr grossen Zahl von Ortsbestimmungen dieses Planeten an der Sphäre. Das Resultat wird dann mit Hilfe des 3. Keplerschen Gesetzes von der Entfernung Erde-Eros auf die Strecke Erde-Sonne übertragen; bestes Resultat  $\pi_{\odot}''$  (geometrisch) = 8." 790.

Das *dynamische* Verfahren beruht auf folgendem Prinzip: Man berechnet die Anziehung, die die Masse der Erde auf einen Punkt ihrer Oberfläche und auf die Sonne ausübt und vergleicht diese beiden Wirkungen miteinander. Aus diesen Effekten kann dann auf die Entfernungen geschlossen werden, da die Gravitation umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung wirkt. Man erhält am Ende eine sehr einfache Beziehung zwischen der Erdmasse und der gesuchten Sonnenparallaxe; die Gleichung lautet

$$\pi_{\odot}'' = 607.''04 \sqrt[3]{\frac{m_1}{1 + m_1}} \quad [3]$$

Diese Gleichung [3] ist hier schon so geschrieben, wie sie in der Praxis gebraucht wird: sie enthält nicht die Erdmasse  $m$  (ohne Mond), sondern die Massensumme (Erde + Mond)  $m_1$ . Wir sahen ja schon oben, dass nicht  $m$ , sondern eben dieses  $m_1$  das primär aus den astronomischen Reduktionen sich ergebende Resultat ist. Dafür steckt aber auch in dem Zahlenfaktor 607."04 der Wert der Mondmasse  $\mu$  darin. Die dynamische Methode zur Bestimmung der Sonnenparallaxe läuft also darauf hinaus, dass man sich einen möglichst guten Wert der Masse (Erde + Mond) zu verschaffen sucht. Bestes Resultat, mit unserem oben unter Nr. 4 genannten Wert von  $m_1$ , ist  $\pi_{\odot}$  (dynamisch) = 8."798.

Die *Radar*-Methode ist ein erst seit einigen Jahren angewandtes, sehr gutes Verfahren zur Bestimmung der Sonnenparallaxe: Von einem Sender werden gerichtete Radiosignale so ausgestrahlt, dass sie von einem benachbarten Himmelskörper reflektiert werden können; die Laufzeit der elektrischen Wellen von der Erde zum Himmelskörper und zurück wird gemessen. Mit der Kenntnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Wellen erhält man aus den registrierten Zeiten den Abstand des angepeilten Himmelskörpers. Beste Resultate bisher beim Nachbarplaneten Venus; Übertragung von Venus-Abstand auf Sonnen-Abstand mit dem 3. Keplerschen Gesetz, ähnlich wie bei der schon geschilderten geometrischen Methode. Das primäre Resultat bei der Radar-Methode ist also nicht der parallaktische Winkel, sondern eine Strecke in km. Dass Winkel und Strecke (bei der Sonne  $\pi_{\odot}$  und  $a$ ) äquivalente Grössen sind, sieht man aus Gleichung [2]; der Zusammenhang kommt sogleich bei Nr. 6 noch einmal zur Sprache.

Die besten bisher erzielten Radar-Resultate ergaben  $\pi_{\odot}^{\text{(Radar)}} = 8''.794$ . Diese bei den Radar-Versuchen an Venus erhaltenen Resultate haben eine so hohe innere Genauigkeit, dass der Zahlenwert  $\pi_{\odot}^{\text{(Radar)}}$  als Wert der Sonnenparallaxe in das neue Konstantensystem aufgenommen wurde. Dieser Beschluss wurde allerdings dadurch erleichtert, dass der Wert  $\pi_{\odot}^{\text{(Radar)}}$  gerade in der Mitte zwischen den erstaunlich weit differierenden Werten  $\pi_{\odot}^{\text{(geometrisch)}}$  und  $\pi_{\odot}^{\text{(dynamisch)}}$  liegt. Was diese Differenzen für das fundamentale astronomische Streckenmass, die «Astronomische Einheit», ausmachen, werden wir sogleich sehen. In der unten folgenden Tabelle 1 sind die besprochenen Zahlenwerte von  $\pi_{\odot}$  in der obersten Zeile zusammengestellt. An erster Stelle steht der aus Newcomb's Diskussionen stammende Wert der bisherigen Konvention  $\pi_{\odot} = 8''.80$ ; dieser Betrag liegt seit etwa 1900 den astronomischen Ephemeriden zugrunde. Warum es das einzig richtige ist, die in den Jahrbüchern verwendeten Konstanten über so lange Zeiten ungeändert zu lassen, wird sich im folgenden (Teil II) noch ergeben.

## 6. Länge der Astronomischen Einheit in Kilometern.

Die «Astronomische Einheit» (A.E.) ist das fundamentale Längenmass der Astronomie. 1 A.E. ist fast genau gleich der grossen Halbachse der Erdbahn  $a$ ; es ist  $a = 1.000\,000\,03$  A.E. Man erhält  $a$  und damit A.E. in der irdischen metrischen Längeneinheit aus Gleichung [2], wenn man  $\pi_{\odot}''$  kennt.

Der Grund für den kleinen Unterschied zwischen  $a$  und A.E. ist ganz trivial, aber sinnvoll: In allen Beziehungen und Bahnrechnungen des Sonnensystems tritt natürlich die Newtonsche Gravitationskonstante auf. Gauss hat diese Konstante für Einheiten berechnet, deren

Gebrauch in der Himmelsmechanik praktisch ist: Sonnenmasse = 1, Länge des mittleren Sonnentages = 1, *grosse Halbachse der Erdbahn*  $a = 1$ . Die so definierte Gravitationskonstante wird gewöhnlich mit  $k^2$  bezeichnet; die Wurzel daraus heisst «Gauss'sche Konstante»  $k = 0.017\ 2021$ . Der bei dieser Berechnung von Gauss verwendete Wert der Erdmasse weicht beträchtlich von dem wahren Wert ab. Um trotzdem die seit Gauss kontinuierlich und tausendfältig verwendete Gauss'sche Konstante in ihrem Zahlenwert nicht verändern zu brauchen, hat man schon zu Newcomb's Zeiten entschieden:  $k$  bleibt ungeändert; damit diese Zahl — trotz der von Gauss verwendeten ungenauen Zahl für die Erdmasse — richtig ist, muss man eine der drei von Gauss vorgenommenen Einheiten-Festsetzungen für Masse, Zeit und Entfernung ein wenig abändern. Man hat sich für Änderung der Entfernungseinheit entschieden: man gibt die Festsetzung  $a = 1$  (also die Identität von  $a$  und A.E.) auf und definiert die Astronomische Einheit als eine um einen winzigen Betrag kleinere Strecke als  $a$ , wie oben angegeben.

Die zu den einzelnen besprochenen  $\pi_{\odot}$  - Werten gehörenden Werte der Astronomischen Einheit sind, in  $10^6$  Metern, in der zweiten Zeile der Tabelle 1 gegeben. Man entnimmt daraus, dass 1 A.E. (System 1964) = 149 600 000 km ist. An den Zahlen der ersten beiden Spalten kann man ablesen, dass einer Unsicherheit von 0".01 in  $\pi_{\odot}$  eine Differenz von 170 000 km in der Astronomischen Einheit entspricht.

## 7. Die Aberrationskonstante A.

Mit dem Namen «jährliche Aberration» bezeichnet man eine kleine Ortsveränderung, die mit Jahresperiode bei jedem Gestirn an der Himmelssphäre stattfindet: alle Sterne verändern ihre Koordinaten so, als ob sie sich im Laufe eines Jahres in einer Ellipse bewegten; die grosse Achse dieser Aberrationsellipse hat überall an der Sphäre die gleiche Richtung (parallel zur Ekliptik) und die gleiche Grösse von etwa 41". Es ist ein Scheineffekt, eine scheinbare Verschiebung, hervorgerufen durch das Zusammenwirken zweier Bewegungserscheinungen während der Beobachtungszeit: Bahngeschwindigkeit der Erde und endliche Lichtgeschwindigkeit. Die Aberrationskonstante A ist die grosse Halbachse der Aberrationsellipse (also etwa gleich 20".5); der analytische Ausdruck für A lautet

$$A = \frac{n'' \cdot a \cdot \sec \varphi}{c} \quad [4]$$

In dieser Gleichung [4] ist  $c$  die Lichtgeschwindigkeit und  $a$  (wie in der Formel für die Sonnenparallaxe) die grosse Halbachse der Erdbahn;  $n''$  ist die mittlere Bewegung der Erde in ihrer Bahn (in Bogen Sekunden, bezogen auf die gleiche Zeiteinheit wie  $c$ ), und  $\varphi$  ist der

Exzentrizitätswinkel der Erdbahn. Der Zähler in [4]  $n \cdot a \cdot \sec \varphi$  stellt die mittlere lineare Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn dar; A ist also das Verhältnis der mittleren Erdbahngeschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit: eine der wichtigsten astronomischen Konstanten, nämlich eine Verbindung fundamentaler astronomischer und physikalischer Grössen.

Ein Blick auf die Gleichungen [2] und [4] zeigt uns, dass zwischen Sonnenparallaxe und Aberrationskonstante ein enger Zusammenhang bestehen muss: beide Definitionsgleichungen enthalten die grosse Halbachse der Erdbahn  $a$ . Der Sinn dieser Verbindung wird bei kurzem Nachdenken verständlich. Die Sonnenparallaxe  $\pi_{\odot}$  ist ein Mass für die *mittlere Entfernung* der Erde von der Sonne; die Aberrationskonstante A ist das Verhältnis der *mittleren Bahngeschwindigkeit* der Erde zu  $c$ . Mittlere Entfernung und mittlere Geschwindigkeit eines Planeten sind aber nach dem 3. Keplerschen Gesetz äquivalente Grössen.

Aus dieser Tatsache der Verbundenheit zwischen  $\pi_{\odot}$  und A entspringt nun natürlich auch sogleich eine *Bedingung*, die die Zahlenwerte beider Konstanten erfüllen müssen, wenn man die Gewissheit haben soll, dass diese Werte aus den Beobachtungen richtig ermittelt sind. Man kann ja die beiden Gleichungen durch Ausschalten von  $a$  kombinieren und erhält

$$A = \frac{n'' \cdot \sec \varphi \cdot \rho_{\odot}}{\pi_{\odot}'' \cdot c} \cdot \frac{1}{\sin 1''} \cdot [5]$$

Für die Ermittlung des Zahlenwertes der Aberrationskonstante A aus Beobachtungen stehen mehrere Methoden zur Verfügung. Das in vielen Varianten angewandte Hauptverfahren besteht darin, dass man Ortsbestimmungen von Fixsternen an der Sphäre so anlegt, dass man aus Reihen solcher Beobachtungen die Grösse der Aberrationsellipse, und damit den Wert von A erhält. Eine zweite Methode bestimmt die Bahngeschwindigkeit der Erde (also den Zähler im Ausdruck für A) durch die Messung von Radialgeschwindigkeiten in Sternspektren; auch Spektren des Planeten Venus sind vor einigen Jahren zur Bestimmung der Aberrationskonstante mit sehr hoher Dispersion aufgenommen und ausgemessen worden.

Die Resultate für A zeigen in ihren Zahlenwerten eine erstaunlich grosse Verschiedenheit, ähnlich wie wir das schon bei  $\pi_{\odot}$  hatten. Ältere Bestimmungen ergaben überwiegend Werte bei 20".47 und 20".48; dem entspricht auch der durch Konvention bisher in den Ephemeridenwerken benutzte Wert  $A = 20''.47$ . Diese Zahl ist jedoch sicher zu klein, bei einer Reihe von guten neuen Untersuchungen ergaben sich Resultate, die bei 20".51 liegen.

Das neue Konstantensystem von 1964 ist, wie schon bei den Massenwerten erwähnt wurde, so aufgebaut, dass es in sich keine Widersprüche aufweist; die Wichtigkeit dieser Bedingung für die Reduktion von Beobachtungen und die Berechnung von Ephemeriden werden wir noch verstehen lernen. Man hat daher für A einen Wert errechnet, der nach Gleichung [5] zu dem Wert  $\pi_{\odot}''$  (System 1964) = 8''.794 widerspruchsfrei passt; das ist A (System 1964) = 20''.496. In Tabelle 1, Zeile A, finden sich die genannten Werte der Aberrationskonstante in den entsprechenden Spalten.

Die Forderung der Widerspruchsfreiheit führt auch für die Massenwerte  $m_1$  und  $m$  zu wichtigen Konsequenzen, die hier in Verbindung mit der Tabelle 1 zur Sprache kommen sollen; das Thema muss dann bei Nr. 15 (Teil II) noch einmal aufgegriffen werden. Gleichung [3] wurde gegeben, um die dynamische Methode zur Bestimmung der Sonnenparallaxe verständlich zu machen. Links steht  $\pi_{\odot}''$ , rechts ein Zahlenfaktor und eine Funktion der Masse (Erde + Mond)  $m_1$ . Will man konzessionslos ein widerspruchsfreies Konstantensystem aufbauen und hat man sich

TABELLE 1

Sonnenparallaxe  $\pi_{\odot}$ , Astronomische Einheit A.E., Aberrationskonstante A; Massen von (Erde + Mond)  $m_1$ , Mond  $\mu$ , Erde  $m$ .

|                                                    | Bisherige<br>Konvention | Geometrische<br>Methode<br>1) | Dynamische<br>Methode<br>2) | System 1964<br>3)           | Beobachtung |
|----------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|
| $\pi_{\odot}$<br>1 A.E.<br>[10 <sup>6</sup> Meter] | 8''.80<br>149 500       | 8''.790<br>149 670            | 8''.7984<br>149 526         | 8''.794<br>149 600          |             |
| A                                                  | 20''.47                 |                               |                             | 20''.496                    | ~ 20''.51   |
| $m_1^{-1}$<br>$\mu^{-1}$<br>$m^{-1}$               |                         |                               | 328 452<br>81.30<br>332 492 | 328 912<br>81.30<br>332 958 |             |

1) Primär wurde  $\pi_{\odot}$  erhalten

2) Primär wurde  $m_1$  erhalten

3) Die unabhängigen Größen sind  $\pi_{\odot}$  (bzw. 1 A.E., in Übereinstimmung mit Radar) und  $\mu$ .

schon auf einen Wert für  $\pi_{\odot}$  festgelegt, dann bleibt einem in bezug auf  $m_1$  nichts anderes übrig, als  $\pi_{\odot}$  in Gleichung [3] einzusetzen und sich das zugehörige  $m_1$  auszurechnen. Das Resultat ist  $m_1$  (System 1964) = 1 : 328 912, wie in Tabelle 1 unten angegeben ist. Das geht nun aber noch weiter: Wir haben jetzt  $m_1$  festgesetzt und kennen schon den unter Nr. 4 erwähnten guten neuen Wert für die Mondmasse  $\mu = 1 : 81.30$ . Mit  $m_1$  und  $\mu$  ist jetzt aber auch der Zahlenwert für die Masse der Erde allein  $m$  festgelegt; aus Gleichung [1] erhält man  $m$  (System 1964) = 1 : 332 958. Dieser Umstand wurde schon am Ende von Punkt 4 erwähnt und kann jetzt verstanden werden. In den unteren Zeilen der Tabelle 1 stehen für  $m_1$  und für  $m$  die beiden Zahlen jeweils nebeneinander: links das Resultat, das aus den von (Erde + Mond) auf den Kleinen Planeten Eros ausgeübten Störungen abgeleitet wurde; rechts die Werte des Konstanten-Systems 1964, bei denen nur die Sonnenparallaxe  $\pi_{\odot}$  und die Mondmasse  $\mu$  die unabhängigen Grössen sind.

Fortsetzung in Nr. 88.

## XII. GENERALVERSAMMLUNG DER INTERNATIONALEN ASTRONOMISCHEN UNION VOM 25. AUGUST BIS 3. SEPTEMBER 1964 IN HAMBURG

Zum erstenmale tagte die Internationale Astronomische Union (I.A.U.) in Deutschland. Rund 1500 Astronomen aus 44 Ländern versammelten sich während 10 Tagen in den Räumen des neuen Hamburger Universitätsviertels. Die Versammlung stand unter dem Präsidium von Prof. V. AMBARTSUMIAN (UdSSR).

Neben den vielen Sitzungen der 40 Kommissionen fanden drei Hauptvorträge, sechs gemeinsame Diskussionen, ein Gespräch über den Unterricht in Astronomie und die Vorführung der Mondaufnahmen von Ranger-VII statt.

Die erfreuliche Zunahme der Zahl von Forschungsstätten und der aktiven Astronomen (es wurden über 350 neue Mitglieder in die I.A.U. aufgenommen) in allen Ländern und die Einführung neuer Methoden, wie Radio-, Ballon- und Satellitenastronomie, die Ausnützung neuer Erkenntnisse in andern Wissenschaften und der Einsatz grosser Rechenmaschinen, haben zur Folge, dass es kaum mehr möglich ist, sich ein einigermaßen übersichtliches Gesamtbild der astronomischen Forschung zu machen. Eines ist gewiss: unsere Kenntnisse vom Weltall machen gewaltige Fortschritte; aus dem ungeheuer angewachsenen Beobach-