

---

## Vorwort

Das Hauptanliegen des ersten Kapitels ist es, die Positionen der Planeten unseres Sonnensystems von unterschiedlichen Positionen aus zu einem vorgegebenen Zeitpunkt zu bestimmen. Dabei wird jeder Planet auf seiner Bahn um die Sonne einzeln betrachtet. Das zu lösende Problem wird auch als Zweikörperproblem (Planet - Sonne) bezeichnet. Weil es sich um die Bestimmung der Planetenbahnen auf der Basis der Kepler'schen Gesetze handelt, wird es auch Kepler-Problem genannt.

Einleitend werden die Kepler'schen Gesetze beschrieben. Wer sich die Mühe macht, die Herleitungen dieser Gesetze zu verstehen, wird Freude daran haben, dass es ausgehend von einfachen Annahmen möglich ist, zu zeigen, dass sich die Planeten auf elliptischen Bahnen um die Sonne bewegen. Weiterhin werden die Zusammenhänge zwischen dem von der Sonne zum Planeten gehenden Strahl und der von ihm überstrichenen Fläche sowie den Umlaufzeiten einzelner Planeten und der Länge ihrer großen Halbachsen hergeleitet.

Im nachfolgenden Abschnitt wird eine Anzahl von Kenngrößen beschrieben, die zur Charakterisierung der Planetenbahnen notwendig sind. Auch ohne das Ziel, diese Bahnen zu berechnen, gibt es darüber hinaus Fragestellungen für den naturwissenschaftlich Interessierten. Unter anderem werden folgende Probleme behandelt: Wie zählt man Tage unter Berücksichtigung der Kalenderumstellung vom julianischen zum gregorianischen Kalender und der meist aller vier Jahre vorkommenden Schaltjahre? Wie kann man, wenn man die Sonne als Bezugspunkt, sozusagen als Beobachtersposition, wählt, von dort aus den Abstand zum Planeten bestimmen, wenn als Messgeräte lediglich ein Winkelmesser und eine Uhr zur Verfügung stehen. Wie kann man die Bahngeschwindigkeit von Planeten bestimmen?

Danach wird die Position eines Planeten in seiner Bahnebene von der Sonne aus gesehen berechnet. Dazu ist es notwendig, die sogenannte Kepler-Gleichung aufzustellen und zu lösen. So erhalten wir einen wichtigen Parameter, die exzentrische Anomalie. Diese Größe ermöglicht es uns, den Abstand des Planeten von der Sonne und seine Bahngeschwindigkeit zu berechnen. Das Ergebnis dieses Abschnitts ist die Position des Planeten in der Bahnebene unter Verwendung räumlicher Polarkoordinaten.

Zur Erleichterung beim Nachvollziehen der nachfolgenden Rechnungen wird die Berechnung von Polarkoordinaten aus den bekannten kartesischen Koordinaten eines Bezugssystems gezeigt. Anschließend wird erläutert, wie zuerst die

kartesischen Koordinaten und anschließend die räumlichen Polarkoordinaten in einem anderen Bezugssystem errechnet werden. Das bedeutet im Allgemeinen den Wechsel in eine andere Bezugsebene verbunden mit einer neuen Bezugsrichtung.

Auf diese Weise erhalten wir über eine Reihe von Umformungen letztendlich die räumlichen Koordinaten im Horizontsystem, also die Winkel, nach denen wir unser Fernrohr justieren müssen, um einen bestimmten Planeten zu sehen.

Eine Ausnahme von unserer Betrachtung der Planetenberechnung als Zweikörpersystem stellt die Bestimmung der Mondkoordinaten von der Erde aus gesehen dar. Die Mondbahn ist kompliziert, so dass der Einfluss von anderen kosmischen Objekten, außer der Erde, um die der Mond sich ja nun bewegt, nicht vernachlässigt werden kann.

Die Rechnungen werden allgemeingültig durchgeführt. Zur besseren Veranschaulichung jedoch werden die Zahlenrechnung für die Venus, als inneren Planeten, oder die Erde, und, falls es zum Verständnis beitragen sollte, auch für den Jupiter, der sich deutlich außerhalb der Erdbahn bewegt, ausgeführt.

Für Rechnungen, bei denen sich die Sonne im Koordinatenursprung befindet, werden auch die Werte für die Erde angegeben. Wenn, wie im Titel genannt, auch der Sonnenaufgang berechnet werden soll, muss man natürlich wissen, wo sich die Erde zu dem gegebenen Zeitpunkt befindet. Da wir auf der Erde leben, wird sich bei Fortführung der Rechnungen der Koordinatenursprung im Erdmittelpunkt und später auch auf der Erdoberfläche befinden. Dann werden wir zusätzlich zu Venus und Jupiter auch die entsprechenden Koordinaten der Sonne berechnen. Die Darstellung endet mit der Auflistung aller wichtigen Formeln und einer zusammenfassenden Übersicht aller Bezugssysteme.

In einem weiteren Abschnitt werden Beispiele zur Anwendung des beschriebenen Formalismus vorgestellt. Sie dienen zum einen dem besseren Verständnis der im ersten Kapitel dargestellten Rechenmethode und Begriffe (z. B. Abschn. 3.3). Zum anderen werden auch neue Erkenntnisse vermittelt, die über die eigentliche Ephemeridenrechnung hinausgehen (z. B. Abschn. 3.4).

Im Anhang werden die wichtigsten mathematischen Grundlagen beschrieben, die zum Verständnis der Rechnungen notwendig sind.

Um Positionsangaben machen zu können, müssen der Beobachtungsort und die Beobachtungszeit bekannt sein. Wenn keine anderen Angaben genannt werden, ist der Beobachtungszeitpunkt der 15. November 2012 morgens um 6:00 Uhr Weltzeit, also 7:00 Uhr mitteleuropäischer Zeit. Die geographischen Koordinaten des Beobachtungsortes betragen  $13:12,5^\circ$  östlicher Länge und  $52:36,9^\circ$  nördlicher Breite.

Alle Rechnungen wurden mit mindesten 16stelliger Genauigkeit durchgeführt. Es werden jedoch in Abhängigkeit vom jeweiligen Problem weniger Stellen angegeben. Das Ziel der Ausführungen besteht vorrangig darin, die Rechenwege nachvollziehbar darzustellen und nicht ein Ergebnis mit einer scheinbar sehr hohen Genauigkeit zu präsentieren. Die Einschränkungen, die sich aus der Behandlung der Positionsbestimmung als Zweikörperproblem ergeben, lassen ohnehin kein allzu genaues Ergebnis zu.



<http://www.springer.com/978-3-662-54715-1>

Ephemeridenrechnung Schritt für Schritt  
Sonnenaufgang und Co. bestimmen leicht gemacht  
Richter, D.

2017, XIII, 122 S. 75 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-662-54715-1