

## Marsnavigation per Marsmond

Bezug zum Beitrag „Sind die beiden Marsmonde letzte Überlebende?“ in der Zeitschrift „Sterne und Weltraum“, 11/2016, WIS-ID: 1285884, geeignet für Schüler aller Schularten ab Klasse 9

Thomas Jahre, Lehrer am Chemnitzer Schulmodell – [www.schulmodell.eu](http://www.schulmodell.eu)

In der unwirtlichen roten Welt des Mars kann man sich leicht verirren. Keine Schilder, keine Straßen und ja, auch keine Kanäle, an denen man sich orientieren kann. Und GPS gibt es so auch nicht. Wenn es keine von Menschenhand erschaffenen Satelliten gibt, dann müssen die natürlichen Satelliten helfen. Phobos und Deimos sind die Helfer in der Not, wenn man ein Ziel auf dem Mars erreichen will. Tipps für künftige Marsianer ...

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
<b>Astronomie</b>	<b>Planeten, Kleinkörper</b>	<b>Monde, Definitionen, gebundene Rotation, Astronomiegeschichte</b>
<b>Fächerverknüpfung</b>	<b>Astronomie - Deutsch Astronomie - Mathematik Astronomie - Informatik</b>	<b>Anagramme in der Wissenschaftsgeschichte, Buchstabenspielerei, Mars ins der SF-Literatur Mondumlaufzeit und das kleinste gemeinsame Vielfache Verschlüsselungsverfahren, Transpositionschiffre</b>
<b>Lehre allgemein</b>	<b>Übertragung von Wissen von einem Fach zum anderen</b>	<b>„Am Anfang stand die Astronomie“ Schüleraufträge</b>

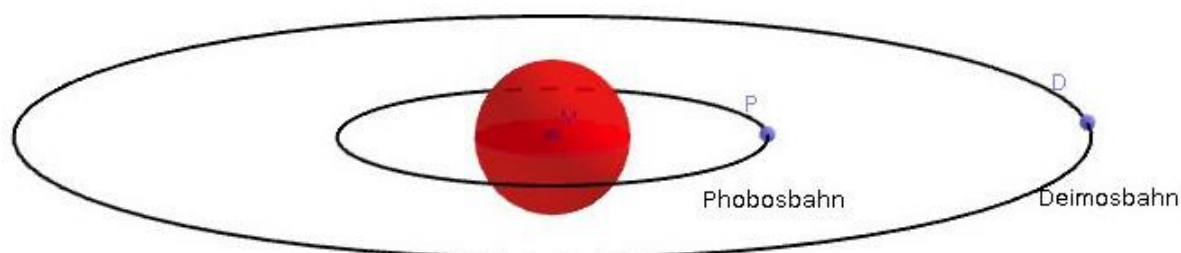


Abbildung 1: Maßstäbliches Modell von Mars und seinen Monden samt deren Umlaufbahnen in Schrägsicht. Erstellt mit GeoGebra. © Thomas Jahre.

Der rötliche schimmernde Mars ist ein Himmelskörper, der die Menschen wohl seit jeher fasziniert - ein blutroter Punkt am Sternenhimmel, welcher ein Eigenleben zu führen scheint. Er ist ein Planet, der auf merkwürdig gewundener Bahn am Himmel seine Spur hinterlässt. Diese Planetenschleifen auf eine recht einfache Art und Weise zu erklären, war das Verdienst von Johannes Kepler. Er hat die Daten von Tycho Brahe in jahrelanger Arbeit ausgewertet und dabei die nach ihm benannten 3 Keplerschen Gesetze entdeckt. (In den WIS-Beiträgen 12/2009, 01/2010 und 06/2012 wird auf die Gesetze der Entdeckungsgeschichte eingegangen, aber eine ausführliche Beschreibung fehlt noch.)

Im Jahr 1610 las Kepler ein Anagramm von Galileo Galilei.

**Anmerkung 1:** Anagramm – im ursprünglichen Sinne geht es darum, alle Buchstaben eines Wortes oder eines Satzes zu verwenden und diese in neuer, beliebiger Reihenfolge aufzuschreiben.

Beispiel: Buchstabe → Abtbesuch oder Buchstabe → abBcehstu oder Buchstabe → sachte Bub oder Buchstabe → Bachstube ... Häufig werden bei Anagrammen nur Großbuchstaben verwendet, es sei denn das Anagramm ergibt einen neuen „Sinn“.

## Schüleraufträge

- **Informiere dich über die verschiedenen Formen von Anagrammen.**
- **PRAHMS BOND MOOS – Was verbirgt sich hinter diesem Anagramm?**
- **DRAGEE - KEIN PULLI – Was verbirgt sich hinter diesem Anagramm?**
- **Denke dir einen kurzen Satz aus und wandle ihn in ein Anagramm um. Ob dein Lernpartner den Satz dann wieder findet?**

**Anmerkung 2:** Das geordnete Vertauschen der Buchstaben (Transposition) ist auch Grundlage für verschiedene Verfahren in der Kryptographie.

Beispiel: Zeilentransposition mit dem Schlüssel 4.

Der zu verschlüsselnde Satz lautet: Phobos und Deimos sind die Helfer in der Not.

Dieser Satz wird folgendermaßen aufgeschrieben:

PODMILIR  
HSDONEFNN  
OUESDHEDO  
BNISDERET

Der Text wird also in 4 Zeilen von oben nach unten geschrieben. Anschließend notiert man die vier Zeilen hintereinander und erhält:

PODMILIRHSDONEFNNOUESDHEDOBNISDERET

## Schüleraufträge

- **Überlege, wie man den Text, bei Kenntnis des Schlüssels 4, wieder entschlüsseln kann: PODMILIRHSDONEFNNOUESDHEDOBNISDERET**
- **Denke dir einen Satz aus, verschlüssele diesen mit dem Schlüssel 5 (Zeilentransposition). Übergebe das Chiffre deinem Lernpartner und entschlüssele das Chiffre deines Lernpartners.**
- **Beschäftige dich mit der Cäsar- bzw. Albertichiffre.**

Das Anagramm von Galilei lautete:

SMAISMIRMLEPOETALEVMIBVNENVTAVIRAS.

Nach langen Überlegungen glaubte Kepler hinter den Sinn gekommen zu sein:

SALVE UMBISTINEUM GEMINATUM MARTIA PROLES.

Auf Deutsch: Gegrüßt seist du, glühender Zwilling, Spross des Mars. Kepler meinte, Galilei habe zwei Monde des Mars entdeckt. Das gab für Kepler doppelten Sinn, zum einen hat Galilei 1609 die 4 großen Monde des Jupiter entdeckt und andererseits passte das schön geometrisch: Erde ein Mond, Mars 2 Monde und Jupiter 4. (Auf diese Deutung Keplers geht sehr wahrscheinlich auch die „Nutzung“ der Existenz zweier Marsmonde durch J. Swift in Gullivers Reisen – Teil 3 zurück.)

Die Auflösung von Galileis Anagramm lautet: „Altissimum planetam tergeminum observavi“ - Deutsch: „Ich beobachtete den höchsten Planeten in dreigestaltiger Form“. Er beschreibt hier den Saturn, neben dem er zwei Objekte sah, die er für Monde hielt, dass er die Saturnringe beobachtet hatte, erkannte erst 45 Jahre später Christiaan Huygens, der seine Entdeckung auch wieder als Anagramm bekannt gab.

Die Entdeckung der Monde des Mars gelang dann aber erst im Jahr 1877 (genau 150 Jahre nach dem Erscheinen des Buches von Swift und 267 Jahre nach der Anagrammvariante Keplers) durch den amerikanischen Astronomen Asaph Hall (1829 – 1907).

Im selben Jahr glaubte Schiaparelli (1835 - 1910), auf dem Mond „Canali“ entdeckt zu haben. Die beobachteten Canali (dt: Rillen) sind im geringen Umfang als große Täler deutbar. In den meisten Fällen sind es wohl optische Täuschungen gewesen. Die Canali wurden von der Presse, Schriftstellern, aber auch von einigen Wissenschaftlern als Bauwerke der Bewohner des Mars angesehen. Viele utopische Bücher wurden geschrieben, die darauf Bezug nahmen.

## Schüleraufträge

- **Stelle eine Liste utopischer Bücher (Fantasy, Science Fiction) zusammen, die von den intelligenten Marsbewohnern handeln. Gehe dabei auf den Inhalt und den Autor kurz ein.**
- **Informiere dich über das Hörspiel „War of the Worlds“ von Orson Welles von 1938 – Grundlagen, Wirkungen, Aufführungen in anderen Ländern.**
- **Der Kampf „Mars gegen Erde“ ist Inhalt etlicher Filme. Stelle einen Film deiner Wahl zu diesem Thema vor.**

Die Eroberung des Mars durch den Menschen bis hin zur dauerhaften Besiedlung ist ein schon lange währender Traum. Die Verwirklichung dieses Traums begann mit den (nicht erfolgreichen) Satelliten Marsnik 1 und 2 (1960), über Mariner 4 (1965), der erste Bilder des Mars liefern konnte. Mariner 9 (1971) konnte die gesamte Marsoberfläche kartografieren. Die Lander von Viking 1 und 2 (1976) erreichten als erste unbeschadet die Marsoberfläche. Im Jahr 1997 landete der erste Rover auf dem Mars. Und wenn es nach Elon Musk geht, sollen 2025 die ersten Menschen den Mars betreten.

## Schüleraufträge

- **Erstelle eine Übersicht der Marsmissionen.**
- **Im Zusammenhang mit der Besiedlung des Mars taucht immer wieder der Begriff Terraforming auf. Was ist damit gemeint? Welche Vorarbeiten gab/gibt es dazu?**

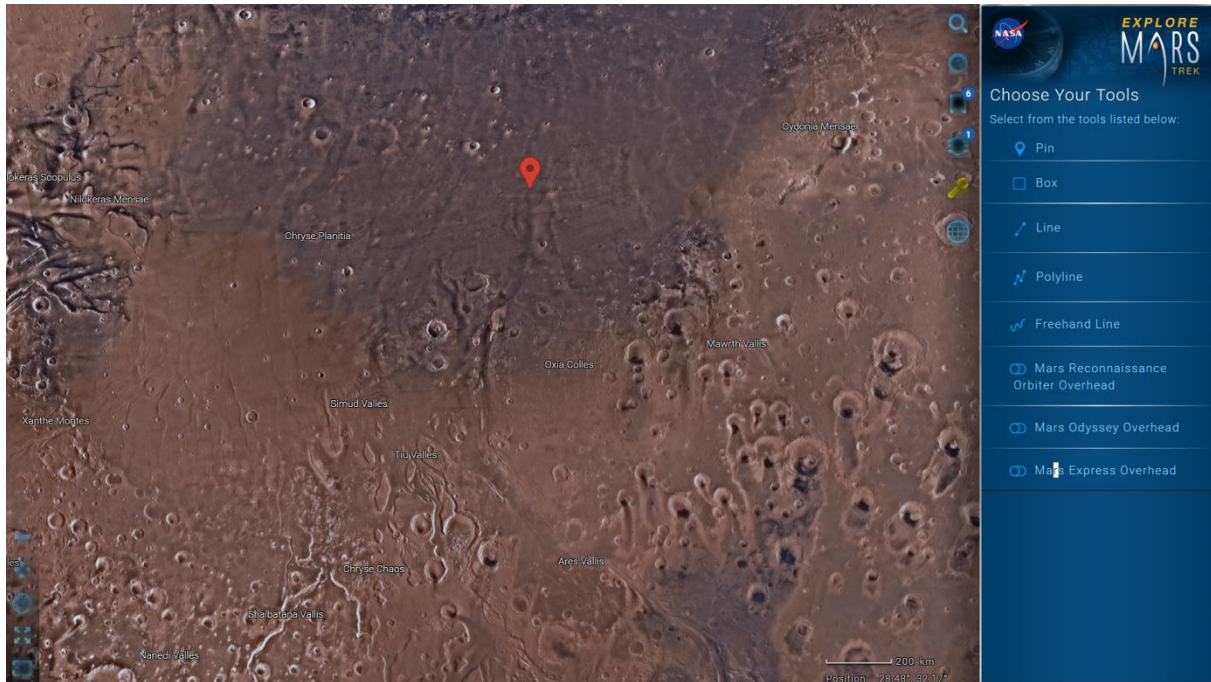
Wenn sich Menschen auf dem Mars aufhalten, werden sie ihn nach und nach erkunden. Dazu stünden ihnen schon jetzt recht gute Karten zur Verfügung, wobei die Auflösung mit Sicherheit noch erhöht werden müsste und kann. Auch ließen sich die Daten der Marsorbiter nutzen (siehe Abb. 2).

Aber – bei Mark Watney war das anders.

Mark Watney ist der Held des Buches „Der Marsianer“ von Andy Weir (ISBN: 978-3-453-31691-1). (Wer ein richtig gutes Buch zum Thema Science Fiction lesen möchte, der sollte sich in dieses Buch vertiefen.)

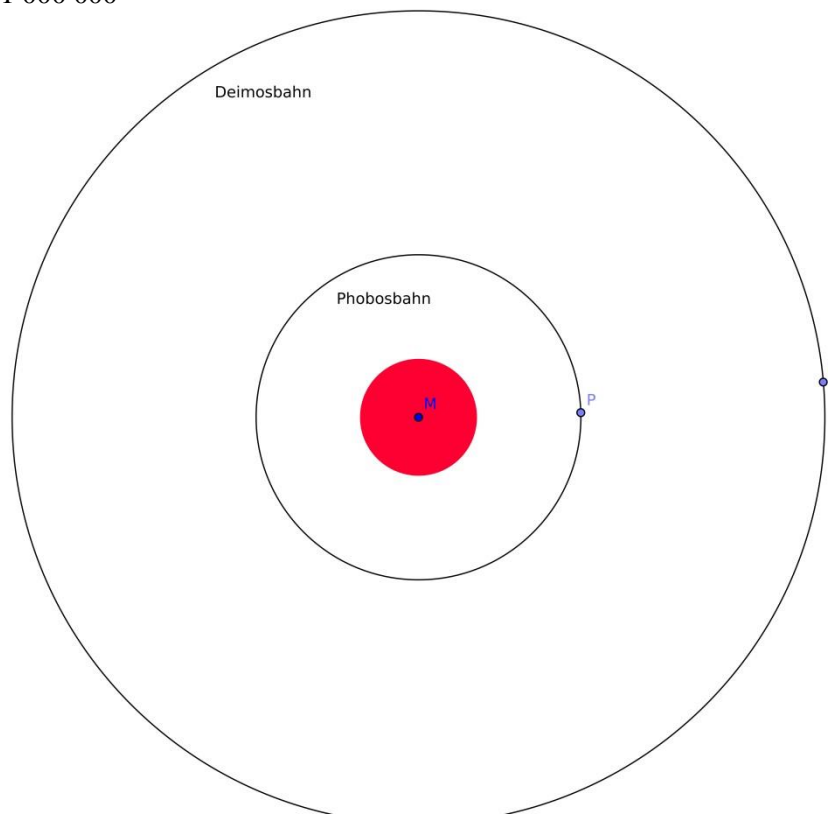
Inhalt in Kürze: Mark ist Mitglied der Mission Ares 3. (Ares ist die griechische Version von Mars – Latein.) Bei einem Sandsturm wird er verletzt, sein Raumanzugcomputer fällt aus, so dass ihn seine Crewmitglieder für tot halten und abfliegen. Er kann sich in das Wohnzelt retten, schafft es Wasser zu produzieren, Kartoffeln anzubauen und, und, und. Eine Kommunikation mit der Erde aber fehlt.

Mark befindet sich bei 31,2° Nord und 28,5° West (siehe Abb. 2). Er weiß, wo der nicht mehr arbeitende Mars Pathfinder (MPF) zu finden sein muss. Er erhofft sich, den MPF und den dazugehörigen Rover Sojourner bergen zu können und nach entsprechender Energiezufuhr, die Verbindung zur Erde herstellen zu können. Sein Ziel ist rund 800 km von Ares 3 entfernt. Seine Karten helfen ihm zu Beginn seiner Expedition nicht, da die Gegend, in der er sich befindet – einer glatten Wüste gleich – keine besonderen Merkmale aufweist, an denen er sich orientieren kann. Aber nun kommt der Marsmond Phobos ins Spiel.



**Abbildung 2:** Marskarte mit der Position von Mark Watney (31,2° Nord und 28,5° West).  
© Mars Trek, NASA web-based portal for exploration of Mars, <http://mars.nasa.gov/maps/explore-mars-map/fullscreen/>.

Phobos umkreist den Mars rechtläufig, der Bahnradius liegt zwischen 9236 und 9519 km. Die Bahn ist also einer Kreisbahn (Exentrität 0,015) recht nahe. Da der Äquatorradius des Mars 3396 km groß ist, beträgt die Entfernung zum Phobos nur rund 6000 km. Damit ist der Mond trotz seiner geringen Größe gut von der Marsoberfläche aus zu erkennen. Das folgende Bild zeigt den Mars und die Mondbahnen im Maßstab 1: 1 000 000

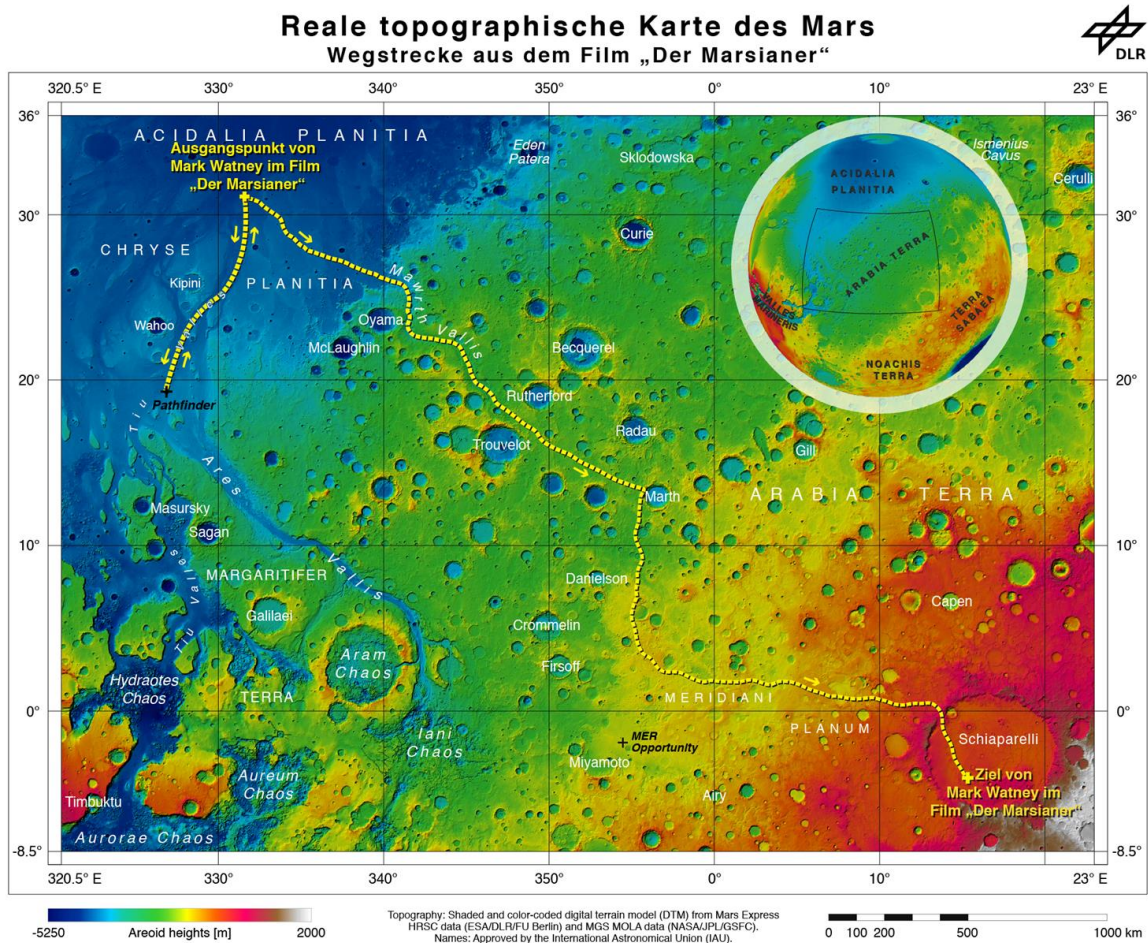


**Abbildung 3:** Maßstäbliches Modell von Mars und seinen Monden samt deren Umlaufbahnen in Draufsicht.  
Erstellt mit GeoGebra, © Thomas Jahre.



Die Umlaufzeit von Phobos liegt bei 0,3189 Tagen, das sind 7 Stunden, 39 Minuten und 13 Sekunden. Da der Marstag 24 Stunden, 37 Minuten und 22 Sekunden (als Sol bezeichnet) dauert, folgt daraus, dass Phobos zwei- bis dreimal pro Marstag auf und untergeht. Unter Berücksichtigung seiner geringen Bahnneigung ( $1,075^\circ$ ) bewegt er sich von West nach Ost über den Marshimmel. Somit ist Mark Watney in der Lage seinen notwendigen Kurs Süd-Süd-West auch ohne Hilfsmittel zu bestimmen. (Der Bau eines Kompasses hätte Mark nicht genützt, da der Mars über kein merkliches Magnetfeld verfügt.)

Zweiundsiebzig Marstage (Sol 72) nach dem Erreichen des Mars fährt Mark Watney los, drei Sol später hat er eine Geländeformation erreicht, die in die richtige Richtung weist und kann nach kurzer Fahrt (Phobos-Orientierung) einen Krater erreichen, den er auf seiner Karte identifiziert. So findet er schließlich Pathfinder und Sojourner. Nach der Rückkehr zum Wohnzelt kann er die Verbindung zur Erde aufnehmen. Die Rettung aber kann nur an der Landestelle der nächsten Marsmission Ares 4 erfolgen. Das folgende Bild (Abb. 4) zeigt seine Fahrstrecken.



**Abbildung 4: Mark Watneys Wege auf dem Mars: von der Acidalia Planitia zu Pathfinder und in den Schiaparelli-Krater.**  
© Von ESA/DLR/FU Berlin, [CC BY 2.0](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44839721), <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44839721>.

Die Kommunikation zur Erde ist durch einen Kurzschluss an Sol 196 wieder unterbrochen. Also muss Mark den Weg zum Krater Schiaparelli (siehe Abb. 4) wieder per Astronavigation schaffen, zumal seine Karten jetzt nicht mehr so genau sind wie bei seiner ersten Tour. Der Grund liegt darin, dass er die hochauflösenden Karten des Landegebietes von Ares 3 und dem Gebiet von Pathfinder im Computer seines Wohnzettes hatte, aber die sonstige Marsoberfläche nur im großen Maßstab vorlag.

Zitate aus Logbuch Sol 462 (Seite 401 bis 402):

„Dieses Mal brauche ich eine also verlässliche Methode, um meine Position auf dem Mars zu bestimmen.

Breite und Länge, das ist der Schlüssel. Die Breite ist kein Problem. Die alten Seeleute auf der Erde haben das sehr schnell herausgefunden. Die Erdachse ist um  $23,5^\circ$  geneigt und zielt auf den Polarstern. Der Mars ist etwas mehr als  $25^\circ$  geneigt und zielt auf Deneb.

Es ist nicht schwer einen Sextanten zu bauen. ...

Ich laufe im Raumanzug auf dem Mars herum und navigiere mit einem Werkzeug des 16. Jahrhunderts. Aber was soll's, es funktioniert. ...

Die Länge ist schwierig. Man musste die genaue Zeit wissen. ... Glücklicherweise besitze ich genaue Uhren. Im Moment habe ich sogar vier Computer im Blick und außerdem habe ich Phobos. ... Im Gegensatz zur Sonne und zu Deimos zieht er seine Bahn von West nach Ost und geht alle 11 Stunden unter. ... Ich notiere mir die Zeit des Untergangs. Dann setze ich die Zeit in eine ungeschliffene Formel ein, die ich mir zurechtgelegt habe und kenne meine geografische Länge.“

## Schüleraufträge

- **Wie kann man aus der Rotationsdauer und der Umlaufzeit des Phobos die Zeit zwischen zwei Untergängen des Phobos ausrechnen, wenn man seine Position auf dem Mars nicht ändert?**
- **Um wie viele Minuten ändert sich die Untergangszeit, wenn sich der Beobachter um  $1^\circ$  nach Osten bewegt?**
- **Mark Watney spricht von einer „ungeschliffenen Formel“ zur Ermittlung seiner Koordinaten. Wie könnte eine solche Näherungsformel aussehen? (Hilft da der Satz des Pythagoras weiter?)**
- **Falls Mark die Möglichkeit hätte auch den Marsmond Deimos zu beobachten, so könnte er aus der Beobachtung von Phobos und Deimos seine eigene Himmelsuhr zusammenstellen. Hinweis – Bahnradius 23460 km und Umlaufzeit 1,2626 Tage, das ist 3,958 – rund 4-mal länger als die Umlaufzeit des Phobos.**
- **Phobos und Deimos weisen – wie der Erdmond – eine gebundene Rotation auf. Was bedeutet „gebundene Rotation“?**

## Literatur / Quellen

- Andy Weir: Der Marsianer (ISBN: 978-3-453-31691-1)
- Alex Bellos: Warum die Elf hat, was die Zehn nicht hat (ISBN: 978-3827012432), Seite 122 (Quelle für das Anagramm Galileis und die Deutung durch Kepler)