

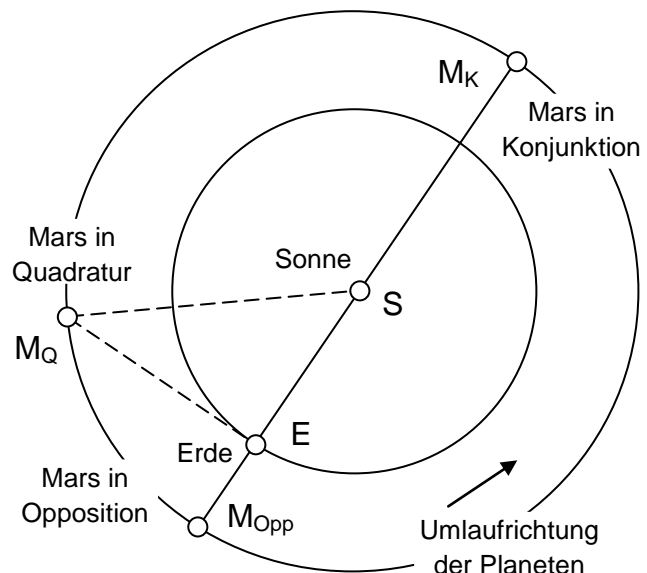
## Mars in Konjunktion und Quadratur

Diejenigen Planeten, die die Sonne innerhalb der Erdbahn umlaufen, heißen innere. Das sind nur Merkur und Venus. Von der Erde aus gesehen können Sie einen bestimmten Winkel zur Sonne, die so genannte maximale Elongation, nicht überschreiten. Deshalb sind sie nur in den Morgen- oder Abendstunden zu beobachten. Um Mitternacht befinden Sie sich stets unter dem Horizont.

Die oberen Planeten hingegen stehen zuweilen in der von der Sonne abgewandten Richtung – in Opposition (zu ihr). Dann beobachtet man sie zu Mitternacht im Süden. Andererseits können sie aber auch genau hinter der Sonne stehen – in Konjunktion (zu ihr). Dann entziehen sie sich jeglicher Beobachtung.

Im Gegensatz zu einem unteren Planeten kann die Sichtlinie zu einem äußeren mit der Sonnenrichtung einen rechten Winkel bilden. Man sagt, er steht in Quadratur. In der Abbildung sind diese besonderen Konstellationen am Beispiel des Mars dargestellt.

Für die folgenden Aufgaben werden Erd- und Mars-Bahn als konzentrische Kreise mit einem Radius von 149,6 bzw. 227 Millionen km angenommen.



1. Nennen Sie alle oberen Planeten des Sonnensystems von innen nach außen!
2. In der oben eingezeichneten Quadratur steht Mars um Mitternacht am Horizont. Begründen Sie das! Geht er gerade auf oder unter? Erklären Sie!
3. Errechnen Sie die Bahngeschwindigkeit beider Planeten!
4. Mars braucht für einen Umlauf um die Sonne 1,88 Jahre. Überschlagen Sie durch inhaltliches Überlegen, wie viel Zeit von einer Opposition zur nächsten vergeht!
5. Sie möchten Mars mit einem Fernrohr beobachten und Details auf seiner Oberfläche sehen. Wann würden Sie es tun? Begründen Sie!
6. Mars besitzt einen Durchmesser von 6800 km. Weil er von der Erde sehr unterschiedlich weit entfernt sein kann, erscheint er unterschiedlich groß und hell. Errechnen Sie die Extremwerte seiner Entfernung von der Erde und seine zugehörige maximale und minimale scheinbare Größe in Winkelsekunden!
7. Errechnen Sie Mars' Entfernung von der Erde, wenn er in Quadratur steht!

# Lösungen

1. Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun

2. Wenn es für einen irdischen Beobachter Mitternacht ist, befindet er sich auf dem von der Sonne angewandten Längengrad. Die Gerade  $M_QE$  und Mars liegen dann in seiner Horizontebene. Die Erde rotiert im selben Drehsinn wie die Planeten die Sonne umlaufen, von Norden aus gesehen gegen den Uhrzeigersinn. Somit ist Mars im Untergehen begriffen.

3. Die Bahngeschwindigkeiten:

$$v_E = \frac{s}{t} = \frac{2\pi \cdot r_E}{T_E} = \frac{2\pi \cdot r_E}{1a} = \frac{2\pi \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}}{365,25 \cdot 24 \cdot 3600s} = \frac{939964522 \text{ km}}{31557600s} = \underline{\underline{29,79 \frac{\text{km}}{s}}}$$

$$v_M = \frac{s_M}{t_M} = \frac{2\pi \cdot r_M}{T_M} = \frac{2\pi \cdot r_M}{1a} = \frac{2\pi \cdot 227 \cdot 10^6 \text{ km}}{1,88 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600s} = \frac{1426283065 \text{ km}}{59328288s} = \underline{\underline{24,04 \frac{\text{km}}{s}}}$$

4. Mars hat fast die doppelte Umlaufzeit wie die Erde. Daher hat Mars nach einem Erdumlauf (1 Jahr) etwas mehr als eine halbe und nach zwei Erdumläufen etwas mehr als eine ganze Runde geschafft. Zwei Jahre nach der Opposition ist Mars der Erde nur noch wenig voraus. Nach etwas mehr als zwei Jahren hat die Erde Mars eingeholt. Dann ist die nächste Opposition erreicht. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Oppositionen vergeht folglich eine Zeit von etwas mehr als zwei Jahren.   
 Genauer Wert:  $(T_{\text{syn}})^{-1} = (T_{\text{Erde}})^{-1} - (T_{\text{Mars}})^{-1}$  und erhält  $T_{\text{syn}} = 2,14a$

5. Wenn Mars zur Erde in Opposition steht, ist es am günstigsten, weil er dann der Erde am nächsten ist. Zudem ist er die ganze Nacht hindurch über dem Horizont.

6. Der Abstand ist bei Opposition am kleinsten und gleich der Differenz der beiden Bahnradien:  $r_M - r_E = 227 \cdot 10^6 \text{ km} - 149,6 \cdot 10^6 \text{ km} = \underline{\underline{77,4 \cdot 10^6 \text{ km}}}$

$$\text{Größe: } \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{R}{r} = \frac{3400 \text{ km}}{77,4 \cdot 10^6 \text{ km}} = 0,0000439 \rightarrow \alpha = 0,00503^\circ = \underline{\underline{18,1''}}$$

(Weil Planetenbahnen in Wirklichkeit Ellipsen sind, kann Mars in Wirklichkeit bis zu 25,22" groß erscheinen.)

$$\text{Der maximale Abstand ist } \overline{EM_K} = r_M + r_E = \underline{\underline{376,6 \cdot 10^6 \text{ km}}}$$

$$\text{Größe: } \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{R}{r} = \frac{3400 \text{ km}}{376,6 \cdot 10^6 \text{ km}} = 0,000009028 \rightarrow \alpha = 0,001035^\circ = \underline{\underline{3,72''}}$$

7. Per Definition der Quadratur ist der Winkel  $M_QES$  ein rechter. Somit ist nach dem Satz von Pythagoras:

$$\overline{M_QE} = \sqrt{\overline{M_QS}^2 - \overline{ES}^2} = \sqrt{227^2 \cdot 10^{12} \text{ km}^2 - 149,6^2 \cdot 10^{12} \text{ km}^2} = \underline{\underline{170,73 \cdot 10^6 \text{ km}}}$$