

# Beobachtung des Mars während der Opposition 2018

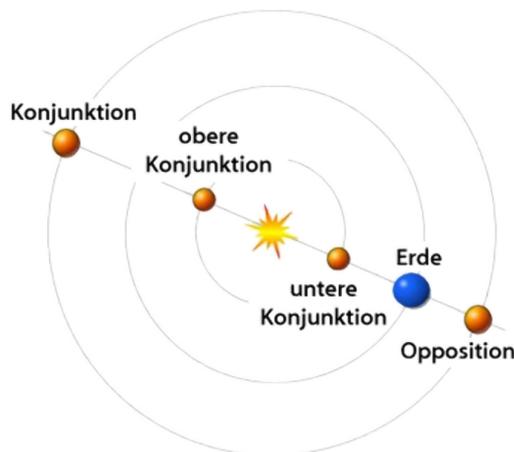
K. Völkel

2. August 2018

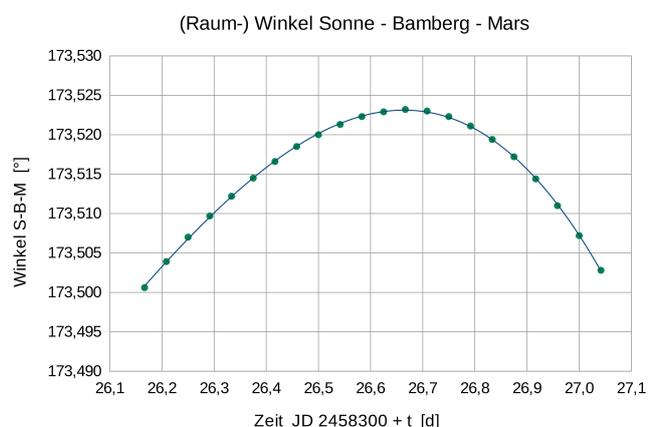
## 1 Opposition des Planeten Mars

Die totale Mondfinsternis fiel mit der Opposition des Mars zusammen. Nachfolgend wird das Augenmerk auf den Planeten gerichtet; Kepler tat dieses schließlich viele Jahre, um die Gesetze der Planetenbewegung zu finden.

Was man unter der einer Oppositionsstellung zu verstehen hat, dürfte im Sinne einer Erklärung wie sie ein Lexikon liefert, allgemein bekannt sein: Wie die Abbildung zeigt, stehen der Planet, die Erde und die Sonne auf einer Linie.



(a) Opposition eines Planeten (Quelle: Wikipedia)



(b) Der Winkel Sonne – Beobachter – Planet

**Abbildung 1:** links: Opposition eines Planeten – rechts: Raumwinkel

Wird dabei vorausgesetzt, dass die Bahnen jeweils in einer Ebene liegen, so bildet der Winkel Sonne – Erde – Planet (Mars) einen gestreckten Winkel ( $180^\circ$ ).

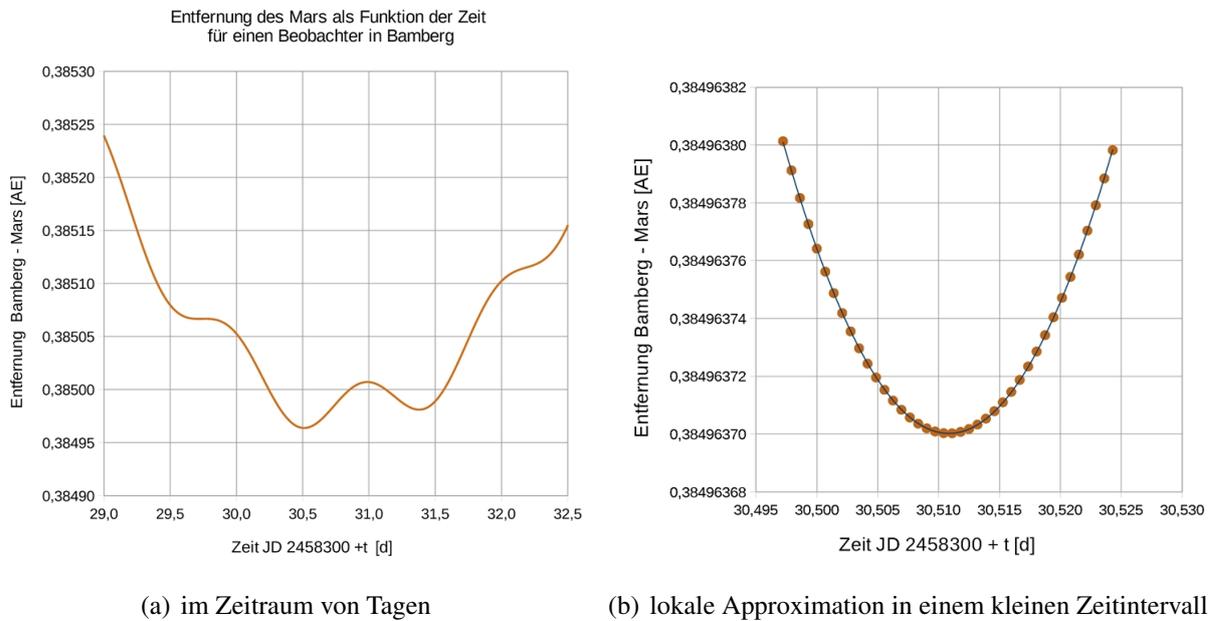
Berücksichtigt man die räumliche Lage der Bahnebenen, so wird nur ein kleinerer Winkel erreicht. Die Opposition für einen Erdbeobachter liegt dann vor, wenn dieser Winkel für ihn maximal wird. Das heißt insbesondere, dass der Zeitpunkt der Opposition vom Standort des Beobachters abhängt, sofern man nicht den Standort durch den Mittelpunkt der Erde ersetzt.

Die Abbildung zeigt für einen Beobachter in Bamberg die Abhängigkeit des räumlichen Winkels. Führt man eine lokale Approximation durch ein Polynom 3. Grades durch, so findet man den maximalen Winkel  $173,523^\circ$ , der am 27. Juli 2018 um 03:56:18 UT erreicht ist.

## 2 Geringste Entfernung des Planeten Mars

Da die Bahnebenen verkippt und verdreht zueinander sind, wird die geringste Entfernung für den Beobachter in Bamberg zeitlich versetzt zum Zeitpunkt der Opposition erreicht. Hierzu muss numerisch die Entfernung berechnet werden. Die Grafik (a) zeigt das Ergebnis, bei dem sich auch die Erdrotation für den topozentrisch festgelegten Beobachter bemerkbar macht (tägliche Parallaxe).

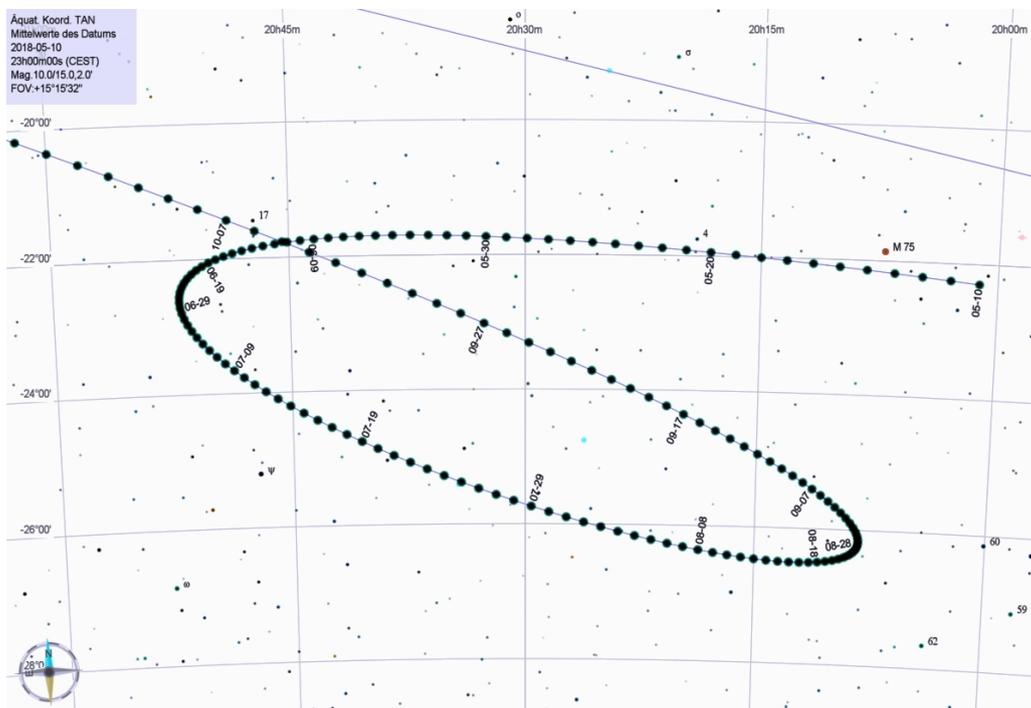
Aus den Werten der Grafik (b) gewinnt man durch Ablesen (oder einer lokalen Approximation durch eine Parabel) für den Zeitpunkt der minimalen Entfernung den 31. Juli 2018 um



**Abbildung 2:** Berechnete Entfernungen des Erdbeobachters zum Mars

00:15:37,5 UT. Rechnerisch beträgt der Abstand des Beobachters in Bamberg zum Mittelpunkt des Mars dann 0,3849637 AE oder 57 589 750 km.

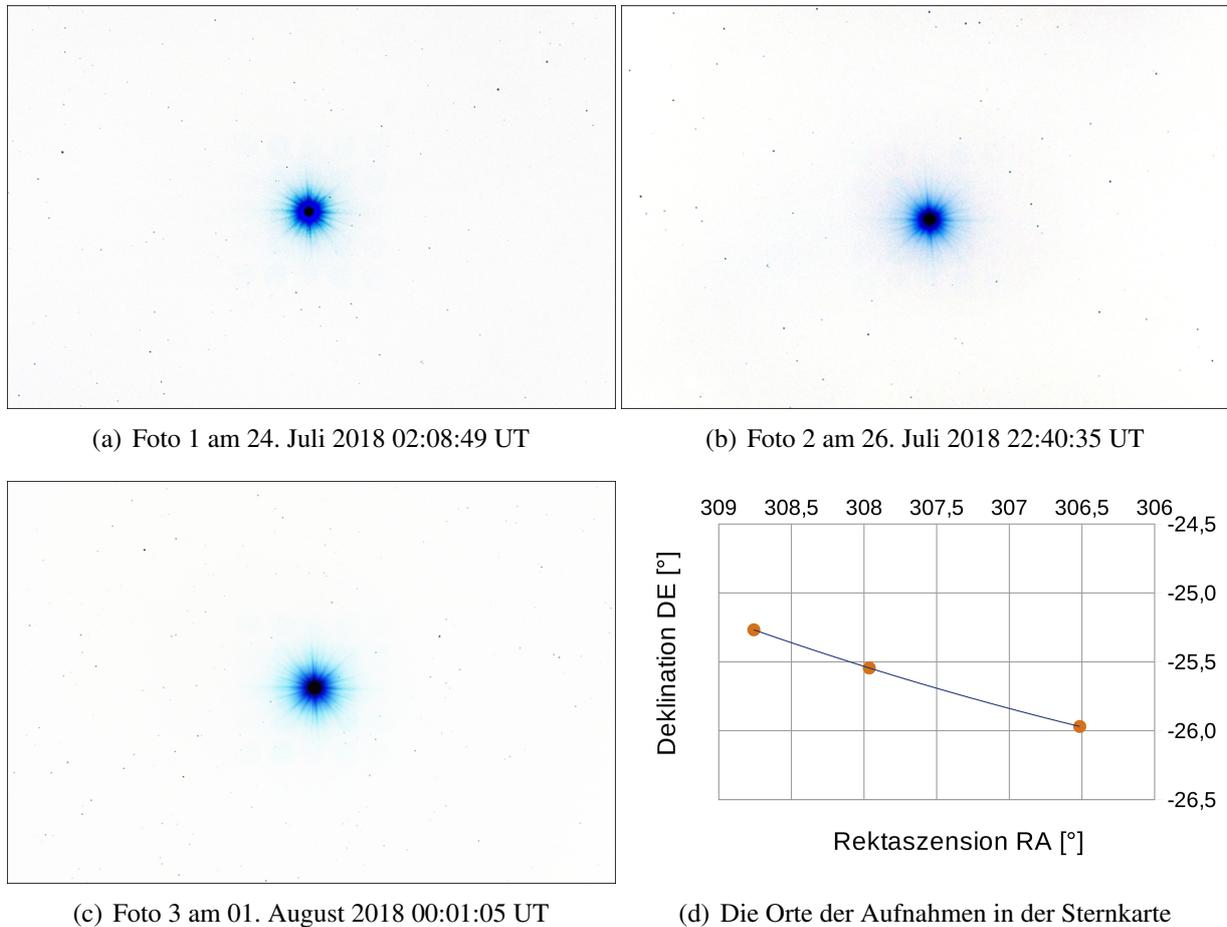
### 3 Bestimmung eines Schätzwertes für den Bahnradius des Mars aus Fotos



**Abbildung 3:** Die Marsschleife des Jahres 2018 dargestellt im elektronischen Himmelsatlas Cartes du Ciel

Im Zeitraum um die Opposition bewegt sich Mars rückläufig (retrograd) mittig im unteren Teil der Schleifenbahn.

Nachfolgend wird aus wenigen Fotos, die um den Zeitpunkt der Opposition aufgenommen sind, ein Schätzwert für den Bahnradius ermittelt. Dazu wird das einfachste Modell von Kreisbahnen verwendet, wobei sich die Planeten Erde und Mars in derselben Ebene bewegen sollen.



**Abbildung 4:** Weitfeldaufnahmen des Planeten Mars (drucktechnisch als Negativ dargestellt)

Die Vermessung der im Weitfeld aufgenommenen Bilder liefert die Rektaszension und Deklination der jeweiligen Position des Mars. (Wegen der großen Helligkeit des Mars kommt es – selbst im Blaukanal – zu einer Überbelichtung, die zu sonstigen Messungen eine geringere Genauigkeit bedingt.)

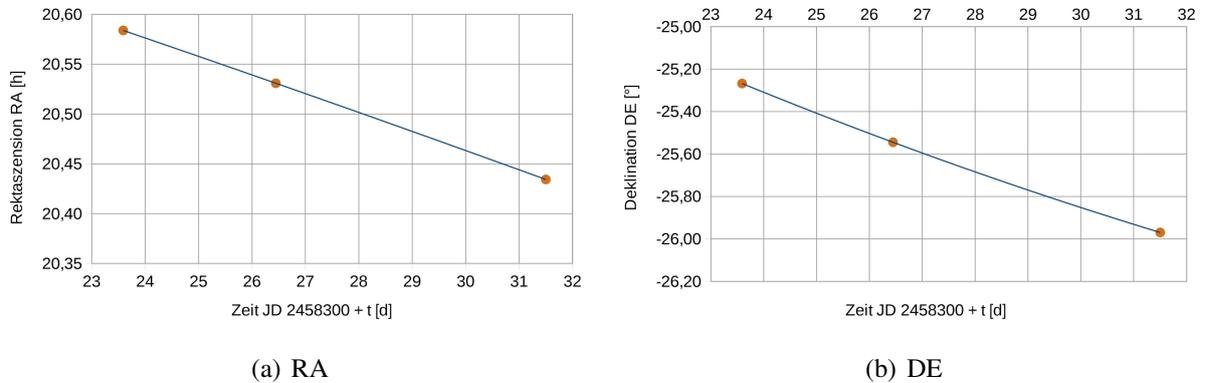
Datum und Zeit	RA	DE	Zeit UT	Julian. Datum JD
2018 07 24.08946	20 35 02.06	-25 16 03.8	02:08:49 UT	2458323.589456
2018 07 26.94536	20 31 51.36	-25 32 40.6	22:41:19 UT	2458326.445359
2018 08 01.00132	20 26 03.56	-25 58 10.6	00:01:05 UT	2458331.500752

**Tabelle 1:** Die aus den Bildern astrometrisch bestimmten Marspositionen (2000.0)

Zunächst werden aus den Messwerten (mittels quadratischer Interpolationen) die Koordinaten für den Zeitpunkt der Opposition bestimmt, da kein Foto zum genauen Zeitpunkt der Opposition vorliegt. Das Ergebnis ist in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

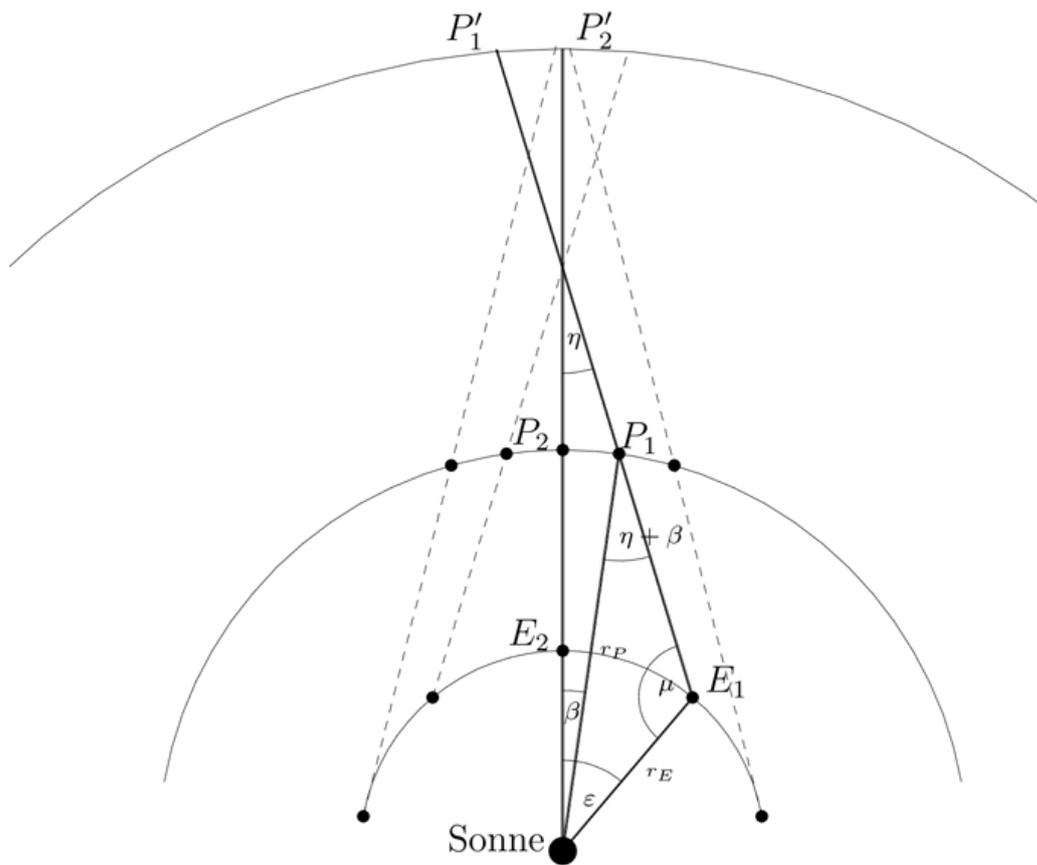
Datum und Zeit	RA	DE	Zeit UT	Julian. Datum JD
2018 07 27.164097	20 31 35.20	-25 33 53.0	03:56:18 UT	2458326.664097

**Tabelle 2:** Durch Interpolation gewonnene Koordinaten zum Zeitpunkt der Marsopposition (2000.0)



**Abbildung 5:** Rektaszension und Deklination als Funktion der Zeit für die drei Fotos

Als nächstes wird die Geometrie des Überholvorgangs der Planeten betrachtet.



**Abbildung 6:** Geometrie der Bahnbewegung. Die Abbildung ist entnommen aus: U. Backhaus: Astronomisches Praktikum - Aufgaben für eine Schlechtwetter-Astronomie: Die Marsbahn.

Der Winkel  $\varepsilon$  im Bogenmaß für die Bewegung der Erde lässt sich einfach aus zwei bekannten Zeitpunkten berechnen:

$$\varepsilon = (t_2 - t_1) \cdot \frac{360^\circ}{365,25d} \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \quad (1)$$

Gleichermaßen erhält man den Winkel  $\beta$  aus beiden Zeitpunkten und der siderischen Umlaufdauer für den Mars:

$$\beta = (t_2 - t_1) \cdot \frac{360^\circ}{686,98d} \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \quad (2)$$

Der Winkel Sonne – Erdbeobachter ( $E_1$ ) – Mars ( $P_1$ ), mit  $\mu$  bezeichnet, errechnet sich aus dem Sinussatz des zugehörigen Dreiecks:

$$\frac{r_P}{r_E} = \frac{\sin \mu}{\sin(\beta + \eta)} \quad (3)$$

Aus der Winkelsumme im Dreieck findet man, dass  $\varepsilon + \mu + \eta = 180^\circ$  gilt und kann mit der Symmetrie der Sinusfunktion die Gleichung umformen zu:

$$r_P = \frac{\sin(\varepsilon + \eta)}{\sin(\beta + \eta)} \cdot r_E \quad (4)$$

Wegen der Symmetrie beim Überholvorgang kann die Gleichung auch für die Oppositionsstellung als erstem Zeitpunkt genutzt werden.

Der Winkel  $\eta$  im Bogenmaß, um den sich Mars im Zeitintervall  $t_2 - t_1$  am Sternenhimmel bewegt hat, lässt sich nach dem Satz des Pythagoras für rechtwinklige Dreiecke abschätzen:

$$\eta = \sqrt{(\Delta RA_{t_1 \rightarrow t_2})^2 + (\Delta DE_{t_1 \rightarrow t_2})^2} \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \quad (5)$$

Für die Daten des 3. Fotos (nach der Opposition) und der Opposition erhält man den besten Schätzwert für den Radius der Marsbahn. Mit 1,560 AE weicht dieser um 2,4% vom Literaturwert für die große Halbachse 1,524 AE ab.

Wie ein Vergleich mit theoretisch berechneten Daten belegt, resultiert der Fehler im Wesentlichen aus den Voraussetzungen des Modells und rührt kaum von den Ungenauigkeiten her mit denen die Messungen selbst behaftet sind.

## Literatur

- [1] BACKHAUS, U.: Astronomisches Praktikum - Aufgaben für eine Schlechtwetter-Astronomie: Die Marsbahn. . – URL <http://www.didaktik.physik.uni-duisburg-essen.de/~backhaus/AstroPraktikum/Marsbahn/Marsbahn.pdf>. – [Stand: 02.08.2018]
- [2] BACKHAUS, U.: Die Bewegung der Planeten - Vom Wissen über Beobachtungen zum Messen. In: *PdN-PhiS* (2007), Nr. 1, S. 5–13. – URL <http://www.didaktik.physik.uni-due.de/~backhaus/publicat/PlanetenbewegungenPraxis.pdf>. – [Stand: 02.08.2018]
- [3] CHEVALLEY, P.: Cartes du Ciel. . – URL <https://sourceforge.net/projects/skychart/>
- [4] JPL: Horizons Web-Interface. . – URL <https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>
- [5] RAAB, H.: Astrometrica. . – URL <http://www.astrometrica.at/>
- [6] WIKIPEDIA: Opposition (Astronomie). . – URL [https://de.wikipedia.org/wiki/Opposition\\_\(Astronomie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Opposition_(Astronomie)). – [Stand: 02.08.2018]