

Abschätzung des Abstands der Erde von der Sonne (der Astronomischen Einheit AE)

FKG Würzburg /
Hübel 1999

Ein „Venusdurchgang“ ist ein sehr seltenes Ereignis. Dabei bewegt sich die Venus zwischen Erde und Sonne so hindurch, dass sie als dunkler Punkt vor der Sonnenscheibe sichtbar wird. Man konnte beobachten, dass - von verschiedenen Stellen der Erde aus gesehen - , die Venus unterschiedliche Zonen auf der Sonne zu passieren scheint. Grund ist ein Parallaxenfehler, der in Bild 1 für zwei Beobachter in den Positionen A und B (Abstand d) erläutert wird.

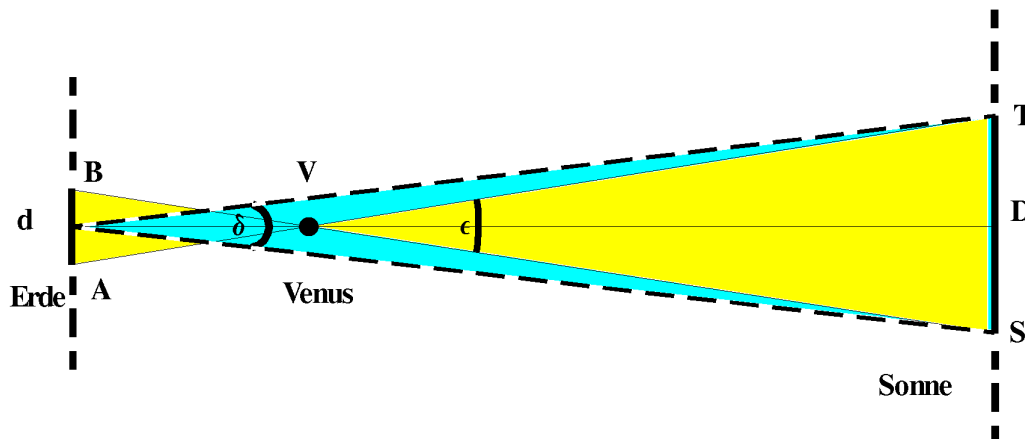


Bild 1: Beobachter A sieht die Venus vor dem Sonnenhintergrund im Punkt T, Beobachter B im Punkt S.

Expeditionen haben in den letzten Jahrhunderten die scheinbare Bahn der Venus vor dem Sonnenhintergrund von verschiedenen Stellen der Erde aus registriert und vermessen. Aus den Daten lässt sich der Radius der Bahn der Erde um die Sonne, also die Astronomische Einheit, leicht durch den bekannten Erdradius berechnen.

Wie, mit heutigen Mitteln registriert, eine solche scheinbare Venusbahn aussehen würde, sehen Sie in Bild 2 und 3, schematisch dargestellt aus der Sicht von 2 Beobachtern, die auf der Erde gerade um einen Erdradius entfernt sind. In Bild 4 sind die beiden Bilder mit einem Computer überlagert. Der Unterschied zwischen beiden scheinbaren Bahnen ist recht gering.

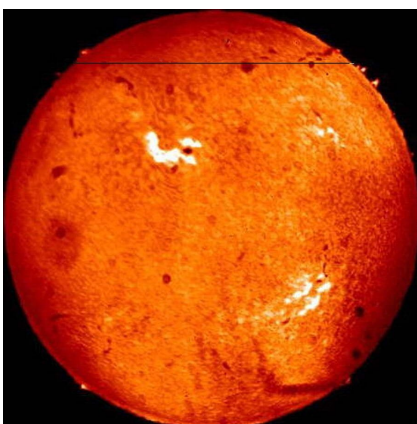


Bild 3: Venusbahn aus der Sicht von Beobachter A.

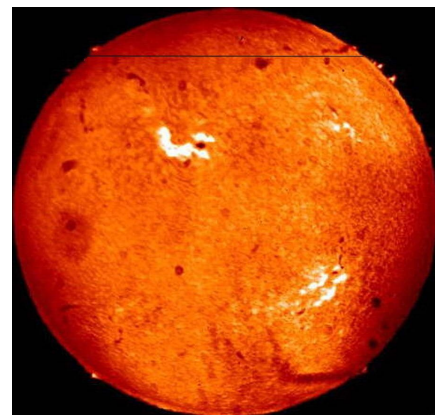


Bild 2: Venusbahn aus der Sicht von Beobachter B.

Bekannt ist:

1. Die Sonne erscheint von der Erde aus unter einem Winkel von ca. $1920''$ (leichte Variation je nach Abstand der Erde von der Sonne während eines Umlaufs)
2. Die Umlaufzeiten von Erde und Venus um die Sonne betragen $T_E = 365$ d, $T_V = 289$ d.
3. Der Erdradius beträgt $r_E = 6370$ km. A und B sollen den gleichen Abstand haben.

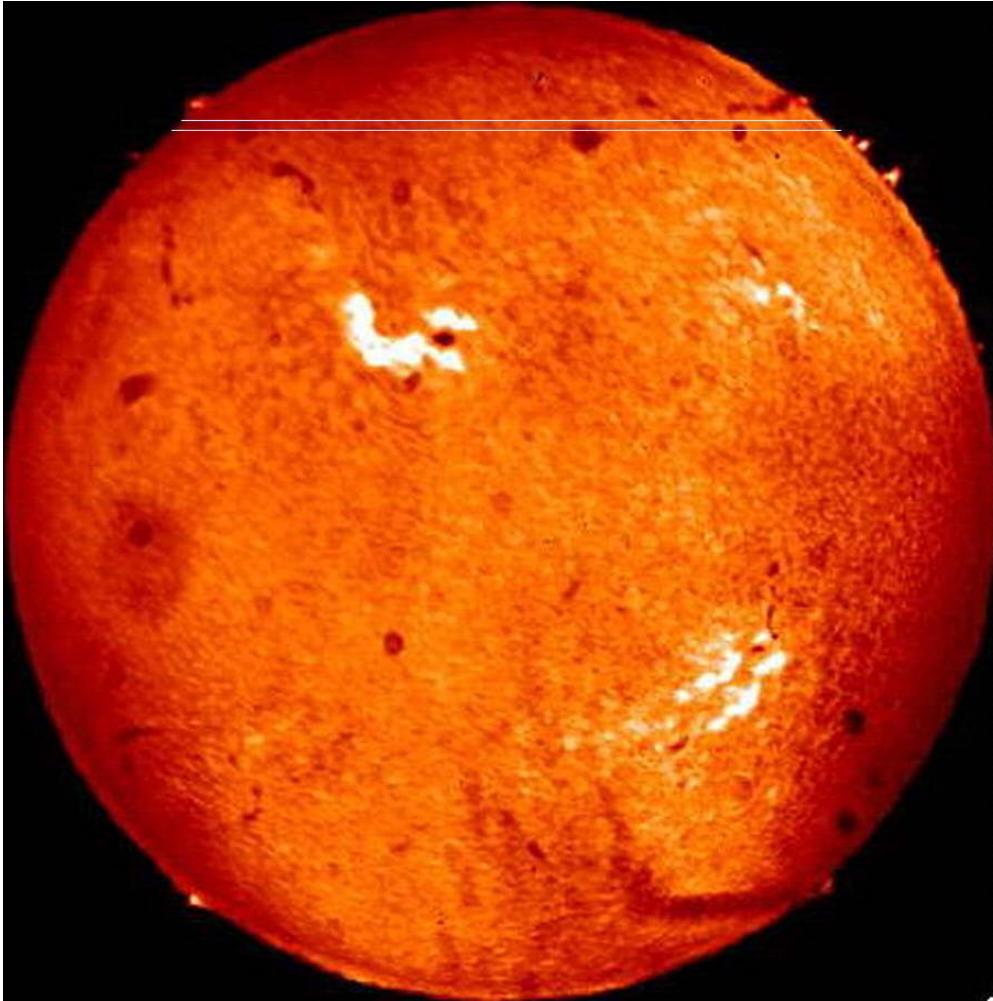


Bild 4: Mit dem PC überlagerte Bilder 2 und 3 zur Messung des Winkelabstands der scheinbaren Venusbahnen

Lösungsweg:

- A) Erklären Sie Ihrem Partner, wie die beiden unterschiedlichen scheinbaren Bahnen zustande kommen.
- B) Entnehmen Sie dem Bild 4 - aufgrund eines Vergleiches mit dem Winkeldurchmesser der ganzen Sonne - den Winkel δ , unter dem der Abstand der beiden scheinbaren Venusbahnen von einem Punkt auf der Erde aus erscheint (siehe Bild 1).
- C) Drücken Sie den Abstand D der scheinbaren Venusbahnen durch den Beobachtungswinkel δ und den Abstand ES der Sonne von der Erde aus!
- D) Stellen Sie mit Hilfe von ähnlichen Dreiecken eine Beziehung auf zwischen dem scheinbaren Abstand D und dem Abstand d der Beobachtungspunkte auf der Erde.
- E) Drücken Sie mit Hilfe des 3. Kepler-Gesetzes die Strecken SV , VE durch die Astronomische Einheit aus (ES), d.h. das Verhältnis der Abstände soll aus den Umlaufzeiten von Erde und Venus berechnet werden. Sie sollten herausfinden:

$$VE = r \cdot ES$$

$$VS = (1 - r) \cdot ES, \text{ wobei } r = 0,277$$

- F) Leiten Sie damit allgemein einen Zusammenhang zwischen der Astronomischen Einheit AE ($\approx ES$) und dem beobachteten Winkel δ her.
- G) Berechnen Sie die AE !

Lösung:

$$E) VE = r \cdot ES$$

$$VS = (1 - r) \cdot ES$$

$$r = 0,277$$

$$C) D = \delta \cdot ES$$

D) Ähnlichkeit:

$$D/VS = d/VE, \text{ also}$$

$$D/(1 - r) \cdot ES = d/r \cdot ES$$

$$D = d(1 - r)/r = \delta \cdot ES \text{ (mit C), also}$$

$$ES = d / \delta \cdot [(1 - r) / r]$$

$$ES = 6370 \text{ km} / (23 \cdot 4,8 \cdot 10^{-6}) \cdot 0,723/0,277$$

$$ES = 6370 \cdot 2,610 \text{ km} / (23 \cdot 4,8 \cdot 10^{-6}) = 150,5 \text{ Mkm}$$

$$\text{Denn } 1'' = 6,28/360/3600 = 4,845679012346 \cdot 10^{-6}$$