

Der Venustransit als astronomische Sensation im 18. Jhdt

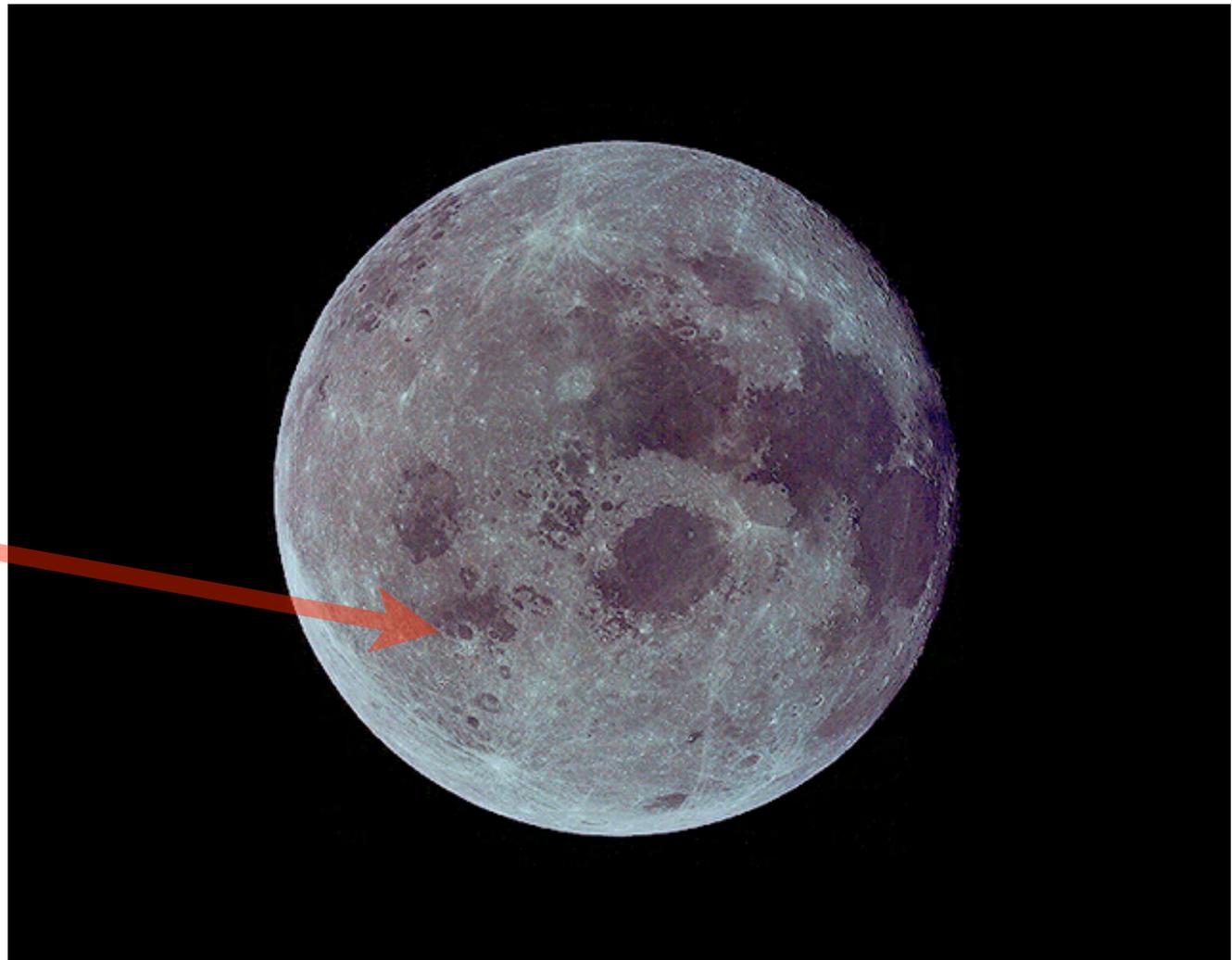
Ulrich Schreiber

Technische Universität München
Geodätisches Observatorium Wettzell

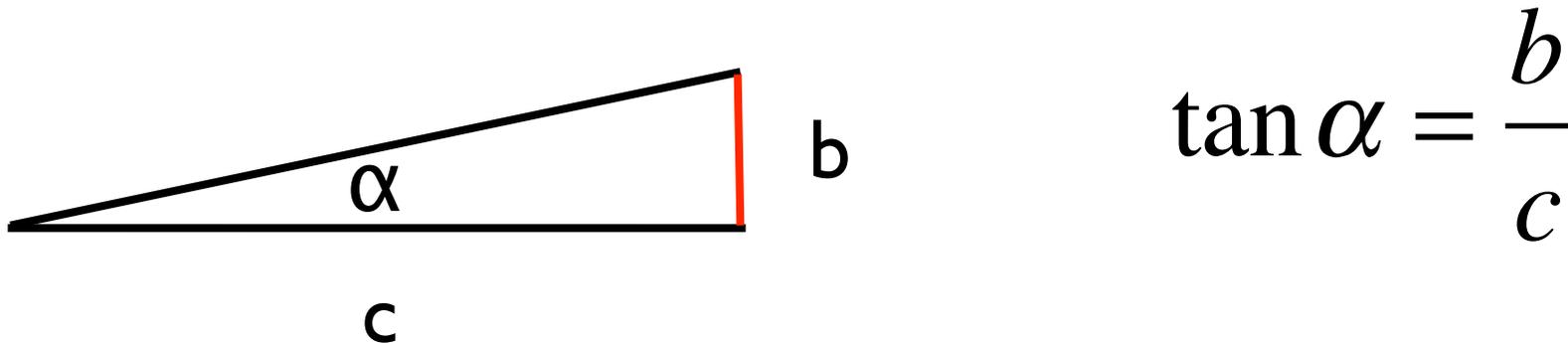
Die Suche nach der Größe unseres Sonnensystems

Eigentlich geht es "nur" um den Maßstab!

Wie groß ist
denn dieser
Krater?



Das Problem



$$\tan \alpha = \frac{b}{c}$$

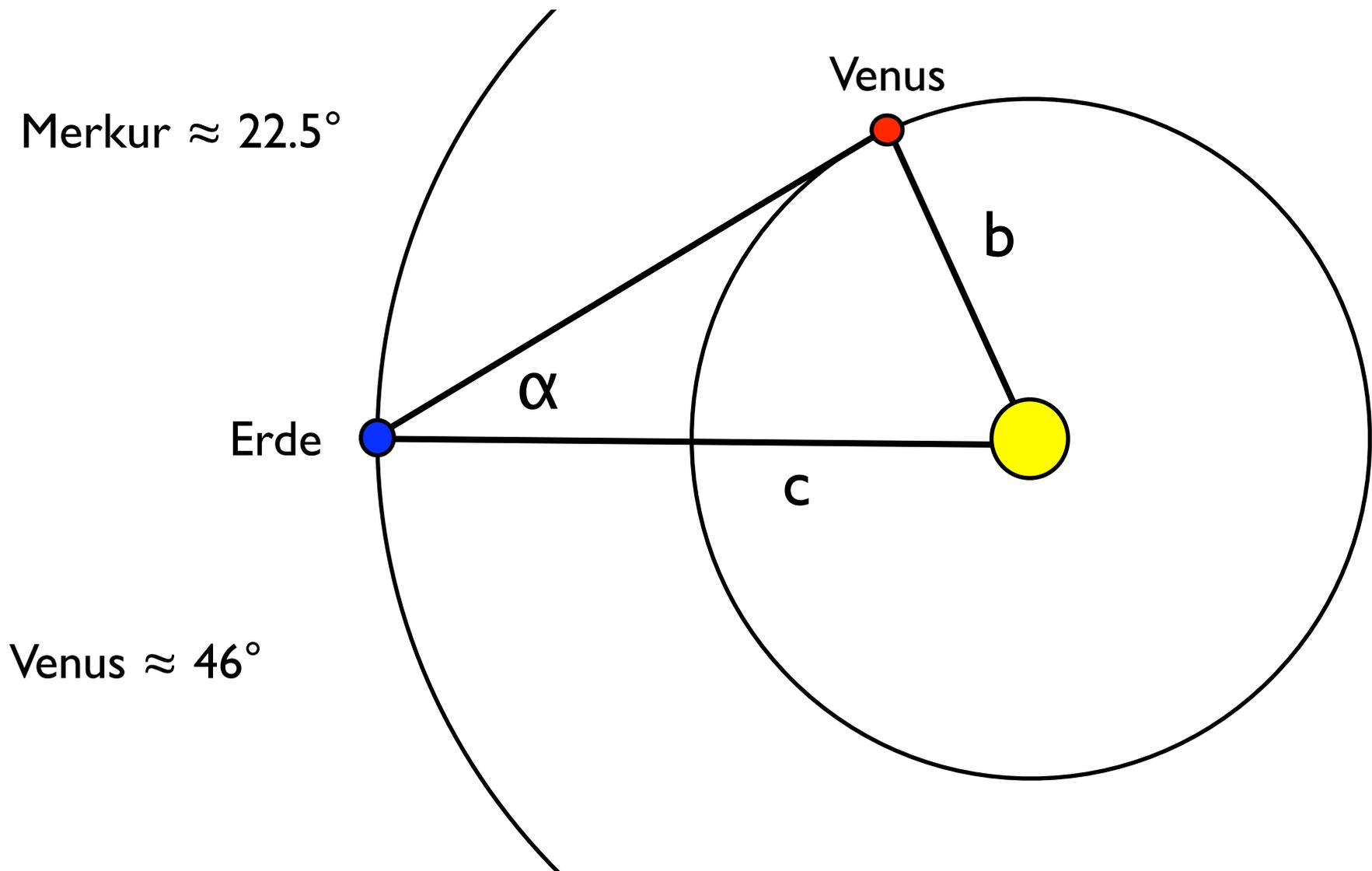
- Wir können α relativ leicht mit einem Teleskop bestimmen
- Wenn c jedoch unbekannt ist, stecken wir in Schwierigkeiten

Wenn wir den Maßstab komplett ignorieren, dann könnten wir z.B. auch irrtümlicherweise schließen, daß Mond und Sonne die gleiche Größe aufweisen...



www.astro.su.se/~alexis/images/TSE99.jpg

Wie können wir dann wissen wie groß die Sonne und die Proportionen des Sonnensystems sind?

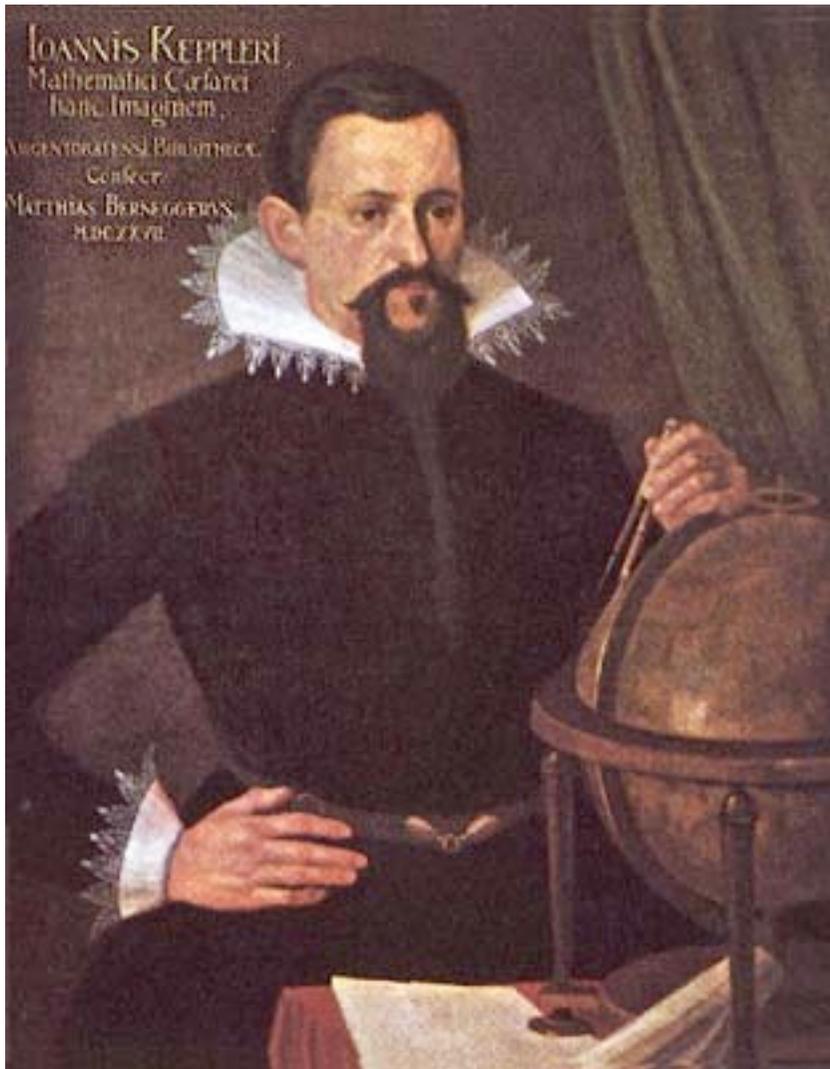


Damit bleiben wir am gleichen Problem wie mit dem Mondkrater stecken. Wir können zwar die Abstandsverhältnisse zwischen den inneren Planeten bestimmen, aber wir können es nicht in harten Zahlen ausdrücken.

Konvention: Wir nennen den Abstand zwischen Sonne und Erde

1 AU (Astronomische Einheit)

Für die Planeten ausserhalb der Erdbahn wird eine andere Methode angewandt: **3. Kepler'sche Gesetz**



1571 - 1630

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Karte des Sonnensystems

Planet	Distanz [AU]	Durchmesser [km]
Merkur	0.387	?
Venus	0.72	?
Erde	1	?
Mars	1.52	?
Jupiter	5.2	?
Saturn	9.53	?
Uranus	19.19	?
Neptun	30.07	?

Die Größe des Sonnensystems blieb für lange Zeit ein hitziger Diskussionspunkt

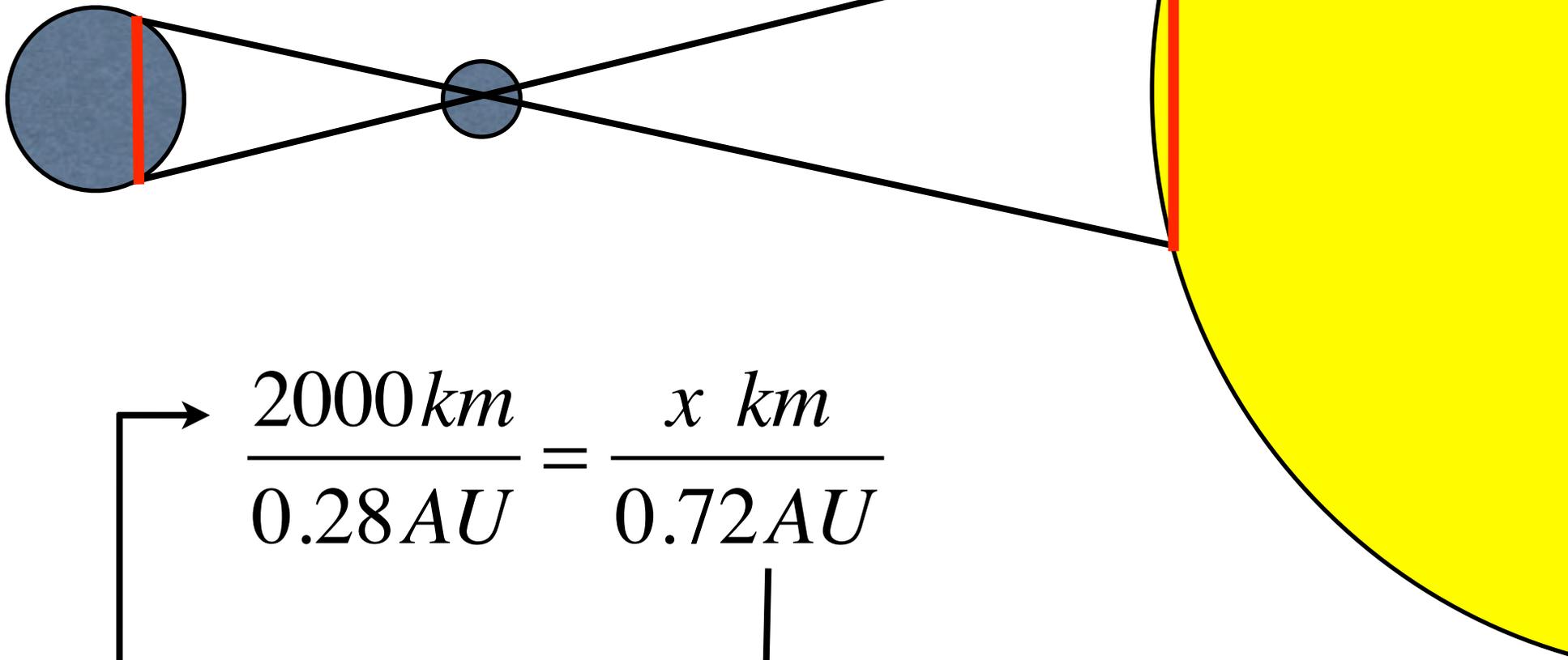


Schließlich erkannte J. Kepler die seltene Möglichkeit einer Venus-Passage direkt vor der Sonne.

Sir Edmond Halley (1656 - 1742) studierte den Merkur-Transit in 1677 und entwickelte die Idee durch die Bestimmung der Parallaxe die Astronomische Einheit zu messen. In 1716 publizierte er einen dringenden Apell an die Royal Society alles daran zu setzen um den Venus Transit in 1761 zu beobachten.

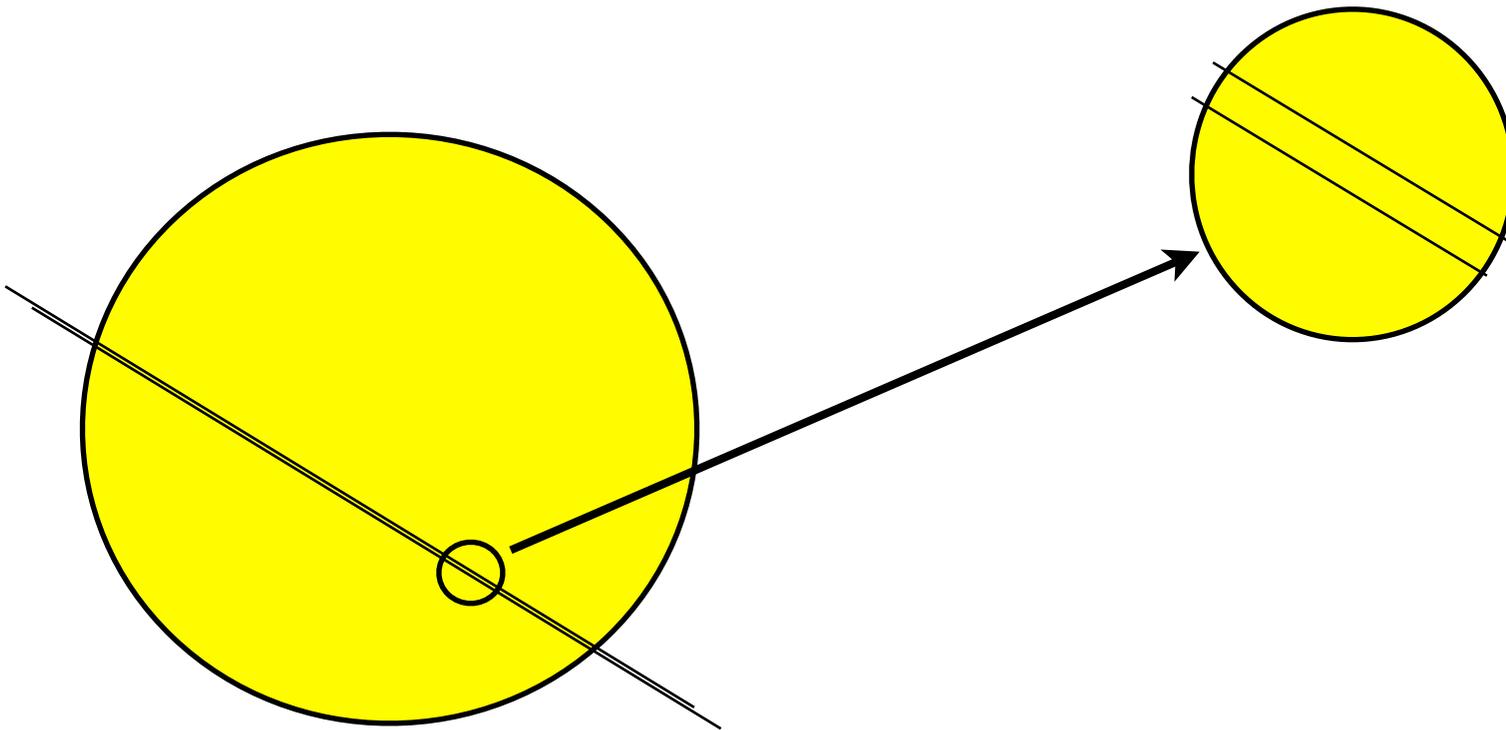
<http://www.sfu.ca/~poitras/halley1.jpg>

Der Trick: Durch die Verwendung ebener Geometrie (Strahlensätze) kann eine Strecke auf der Sonne vermessen werden:
Die Parallaxe (1. Schritt)



Wie sieht das aus?

... dann wäre die Trennung der beiden Spuren
nur 0,059198 cm



Wenn die Abbildung der Sonne eine Scheibe von
16 cm Durchmesser wäre...

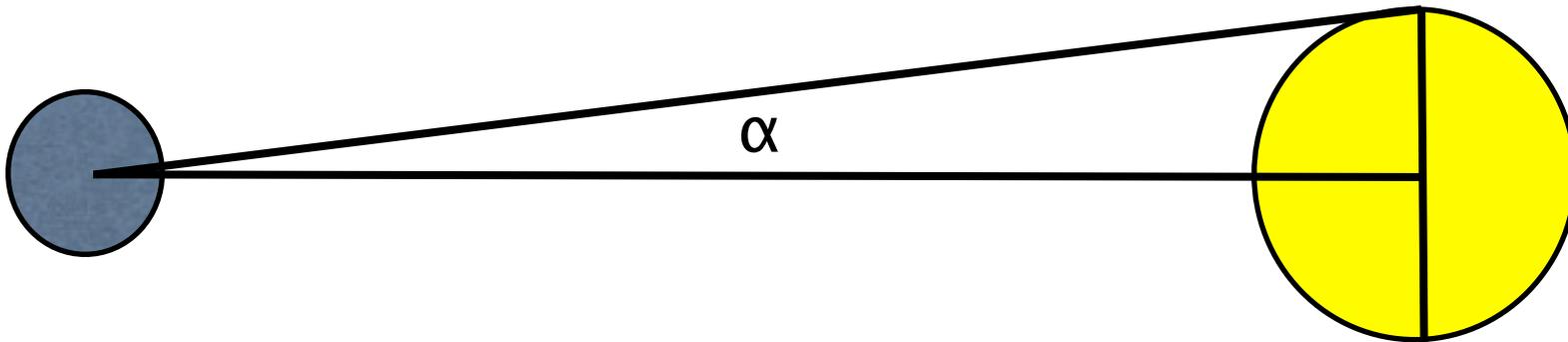
Nun können wir den Durchmesser der Sonne in Kilometern berechnen. (2. Schritt)

$$\frac{\varnothing \text{ Kreis}}{\text{Abstand}} = \frac{\varnothing \text{ Sonne}}{\text{Transit-Abstand}}$$

$$\frac{16 \text{ cm}}{0.059198 \text{ cm}} = \frac{\varnothing \text{ Sonne}}{5142.86 \text{ km}}$$

$$\varnothing_{\text{Sonne}} = 1.390.000 \text{ km}$$

Zu guter Letzt: **Berechnung von 1 AU**
(3. Schritt)



$$\tan \alpha = \frac{695000 \text{ km}}{x \text{ km}}$$

$$2\alpha = 0.534^\circ$$
$$\rightarrow 1 \text{ AU} = 149,140,000 \text{ km}$$

Karte des Sonnensystems

Planet	Distanz [Mio. km]	Durchmesser [km]
Merkur	46 - 69.8	4878
Venus	108	12104
Erde	152	12753
Mars	205 - 249	6785
Jupiter	741 - 817	142800
Saturn	1350 - 1500	119871
Uranus	2700 - 3000	51488
Neptun	4460 - 4540	49493



Aber wie sieht den nun so
ein Venustransit aus?

In einer modernen Welt:

- CCD Kameras können die Passage leicht aufzeichnen
- Eine globale Zeitskala erlaubt synchrone Beobachtungen mit hoher Präzision
- Es gibt ein exaktes globales Bezugssystem mit Stationskoordinaten im sub-cm Bereich
- Die Planetenbahnen sind mit großer Genauigkeit bekannt

Beispiel von 2 Observatorien für den Transit am 8. Juni 2004



<http://www.bormann-reinhold.de/img/Weltkarte.PNG>



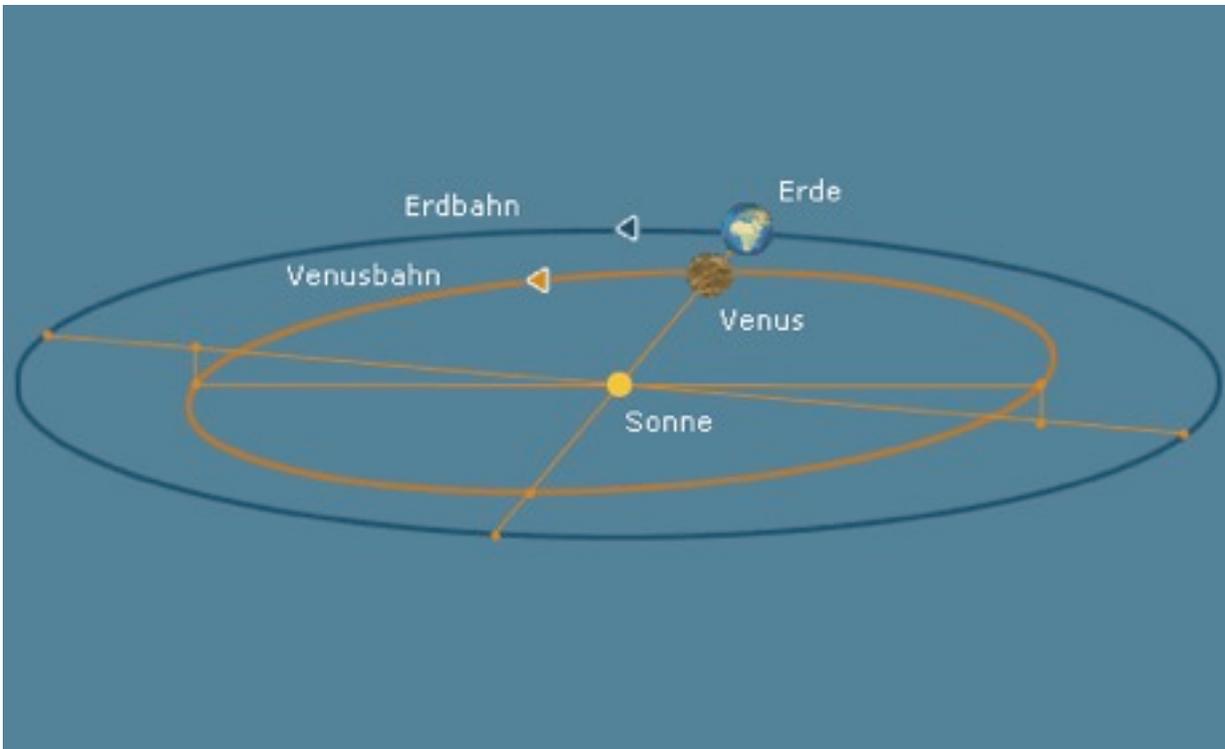
Wednesday, 16 September 2009

Jetzt wollen wir mal die Zeit um ca. 250 Jahre zurückdrehen...

- Die Karte der Erde war lückenhaft und voller (gravierender) Fehler
- Es gab keine synchronisierte Zeitskala
- Die Apparaturen waren kaum genau genug
- Die Planetenbahnbestimmung steckte in den Kinderschuhen

... da war die Bestimmung des Abstands zur Sonne ein substantielles Forschungsprojekt

I. Bahnbestimmung

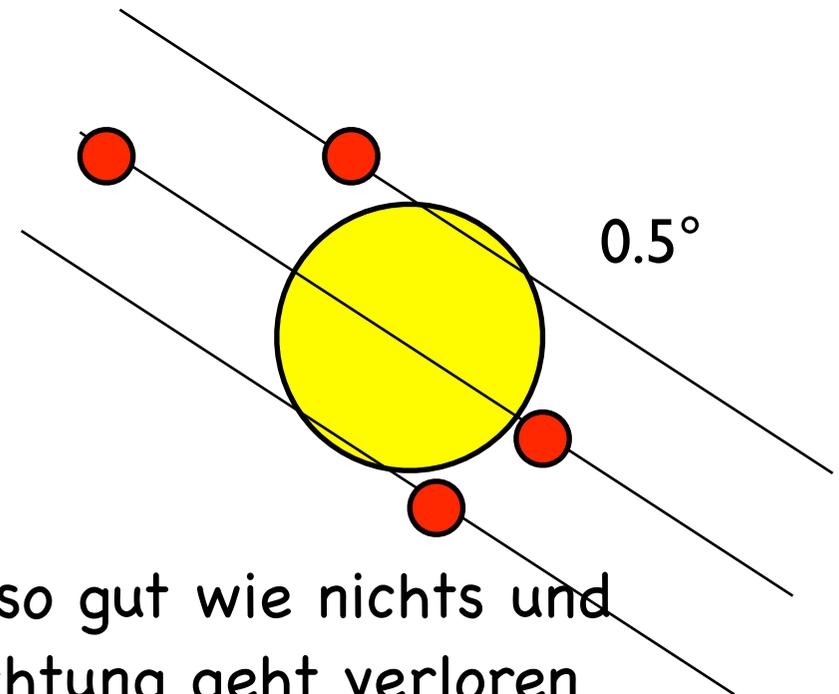


Der Orbit der Venus ist gegen die Erdbahn geneigt (Inklination)



<http://www.br-online.de>

In ca. 400 Jahren von Venustransitbeobachtungen gab es nur 6 Transits. 4 davon konnten beobachtet werden.



Es braucht so gut wie nichts und die Beobachtung geht verloren

1032	u. U. im Iran gesehen, aber nicht bestätigt
1275	theor. von den Mayas gesehen (Venus Kalender)
1631	In Europa nicht sichtbar
1639	J. Horrocks: nachweislich gesehen, (no science)
1761	1. Internat. Forschungsprojekt 140 ± 15 Mio km
1769	2. Anlauf (J. Cook) 153 ± 1 Mio km (2%)
1874	3. Anlauf (Asien, Pazifik)
1882	4. Anlauf (Amerika) 149.59 ± 0.31 Mio km
2004	Historisches Interesse

möglicherweise die erste Beobachtung eines Venustransits
(?): Jeremiah Horrocks in 1639

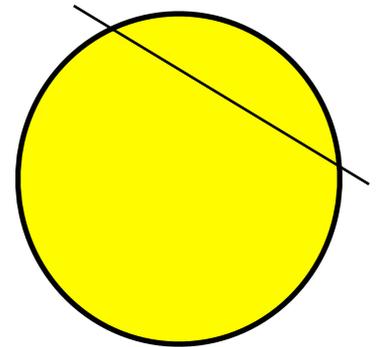


<http://www.eso.org>

II. Beobachtungstechnik

Was soll den eigentlich "beobachtet werden"?

- In Abwesenheit von fotografischen Mitteln mußte der Messvorgang so einfach wie möglich sein.
- Beobachtung des Zeitpunktes des "Ingress" und des "Egress"

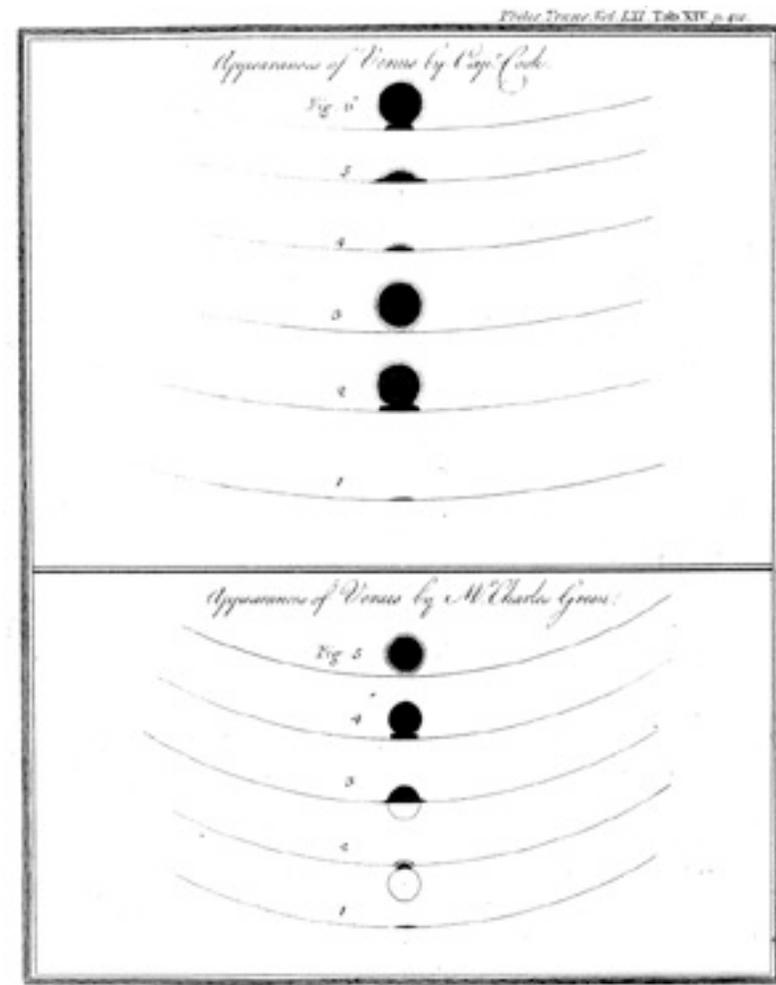


Komplikationen

Der schwarze Blobb



<http://www.eso.org>



<http://science.nasa.gov>

III. Stationen

- Da die Erde sich dreht... ist so ein Tranist nicht immer an bequemen Orten zu sehen
- Die Position der Station muß sorgfältig bestimmt werden
- Exakte (!) Zeithaltung mußte verfügbar sein

Halley's Aufruf um den Venustransit von 1761 zu beobachten war mit großem Aufwand und ca. 120 Teams befolgt worden, aber die Resultate hatten noch eine große Fehlertoleranz. Daher kam es zu einer zweiten Kampagne.

Am 12. August 1768 setzte James Cook an Bord der "Endeavour" Segel um nach Tahiti, eine Insel mit einem Durchmesser von 40 km zu segeln. Tahiti war nur ein Jahr zuvor in einem weitgehend unbekanntem Teil der Erde entdeckt worden - eine Mission die im Aufwand dem Mondlandeprogramm unserer Zeit in nichts nachstand. Von den 94 Expeditionsmitgliedern an Bord rechnete Cook damit mehr als die Hälfte während der Reise zu verlieren.



Nach einer Reise von 8 Monaten erreichte James Cook in der Tat Tahiti im April - 2 Monate vor dem Transit.



<http://science.nasa.gov>



<http://science.nasa.gov>

Cook beobachtete den Venustransit am 3. Juni 1769. Wegen des "Blubb Effekts" die Unsicherheit dieser Messung 42 Sekunden. Dies war für alle Teams symptomatisch. Im ganzen waren 76 Beobachtungen von den verschiedensten Orten der Erde brauchbar und der Messfehler konnte auf 2% reduziert werden.

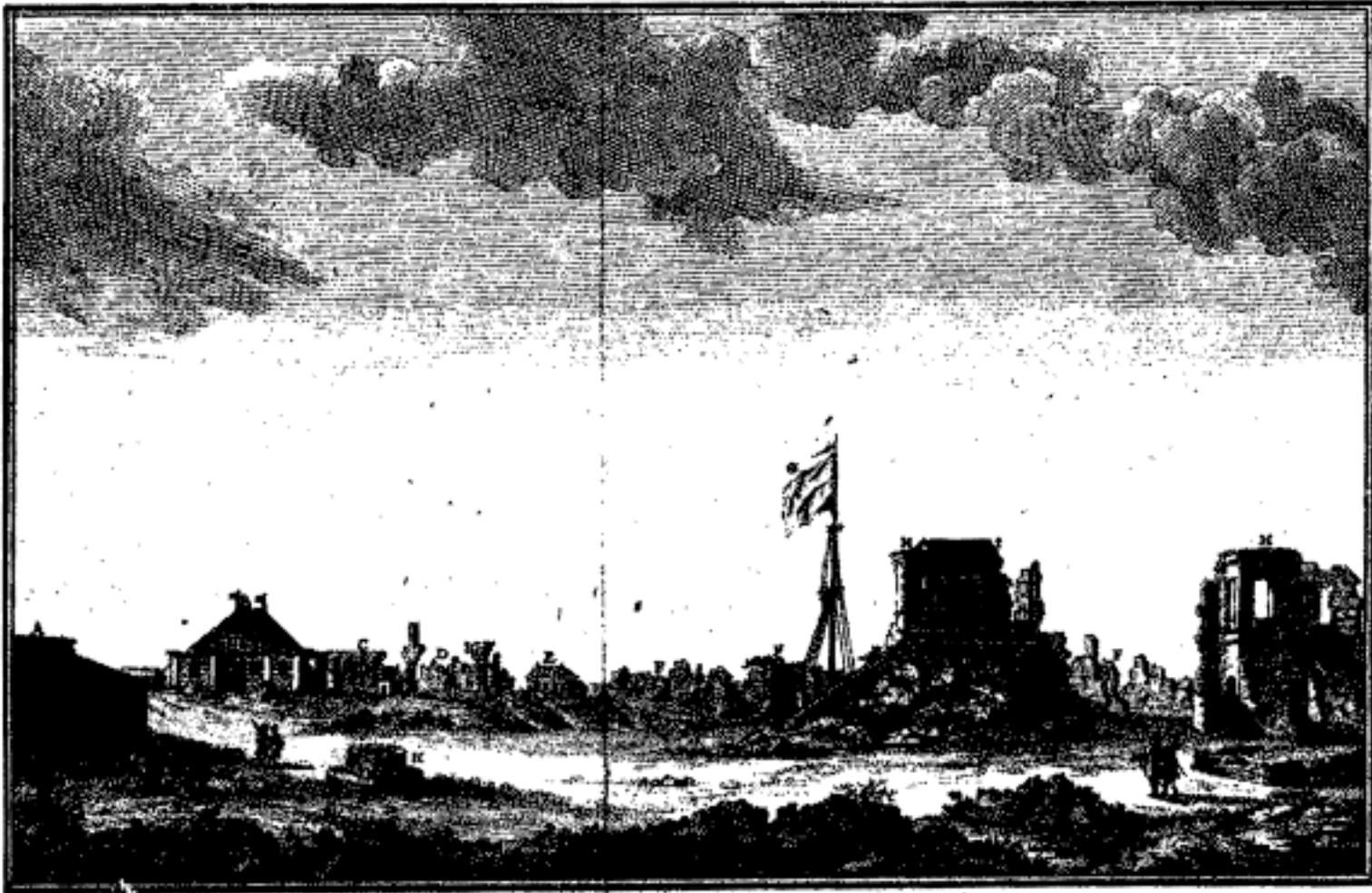
Nach dem Venustransit brach J. Cook auf um den "Großen Kontinent des Südens" zu suchen, welcher aber gar nicht existierte. Im Verlauf dieser Reise entdeckte er Neuseeland und Australien.



<http://science.nasa.gov>

Bei dem Venustransit am 6. Juni 1761 haben ca. 200 Astronomen an ungefähr 120 Orten unter den schwierigsten Umständen beobachtet.

Frankreich	Le Gentil, Jean Baptiste Pingré, Alexandre Guy Chappe d'Auteroche, Jean Cassini de Thury, César François de Lalande, Joseph Jérôme	Pondichéry (Indien) Isle de Rodrigues (Ind. Ozean) Tobolsk (Sibirien) Wien Luxemburg
England	Mason, Charles u. Dixon, Jeremiah Maskelyne, Nevil Bliss, Nathaniel Winthrop	Kap der Guten Hoffnung St. Helena Greenwich St. John's, Neufundland
Deutschland	Hell, Maximilian	Wien
Schweden	Wargentin, Peer	Stockholm
Dänemark	Horrebow, Peter	Kopenhagen
Holland	Lulofs, Johan de Munck, Jan Klinkenberg, Dirk Mohr, Johan Maurits	Leiden Middelburg The Hague Batavia (Jakarta)
Italien	Zanotti , Eustachio	Bologna
Portugal	de Almeida	Porto



VUE D'UNE PARTIE DES RUINES DE PONDICHERY.
en 1769.

Le Gentil's Observatory is the building (HI) at the right of the flagpole.

Apparatur des USNO in 1874 - 1882



<http://www.transitofvenus.org/usno-observatory0037.jpg>

Beobachtungslager in Patagonien



<http://www.transitofvenus.org/usno-patagonia01405.jpg>

The 1882
Transit of Venus
Reanimated

Was ist denn nun der Maßstab des Sonnensystems?

$$1 \text{ AU} = 149.597.870,69 \pm 0,030 \text{ km}$$

bestimmt durch Radarmessungen zum Planeten Venus



www.transitofvenus.org/doppel.jpg