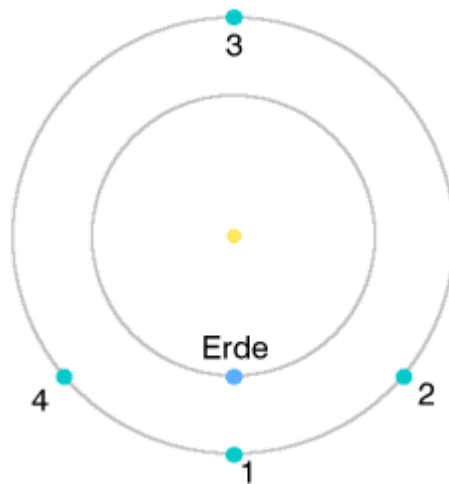


# Äußere Planeten

## Normale Bahnbewegung

Die äußeren Planeten bewegen sich ganz anders als die inneren. Da wir ihre Bahnen „von innen“ sehen, können sie niemals zwischen uns und der Sonne stehen. Daher pendeln sie nicht nur um die Sonne herum, sondern beschreiben am Himmel vollständige Kreise (scheinbar) um die Erde. Allerdings überlagert sich ihre Bewegung um die Sonne mit unserer eigenen, was zu witzigen Effekten führt – aber dazu später, sehen wir uns erst einmal die Aspekte an.



Die Aspekte der Bahn eines äußeren Planeten – Bahnen vereinfacht als Kreise gezeichnet

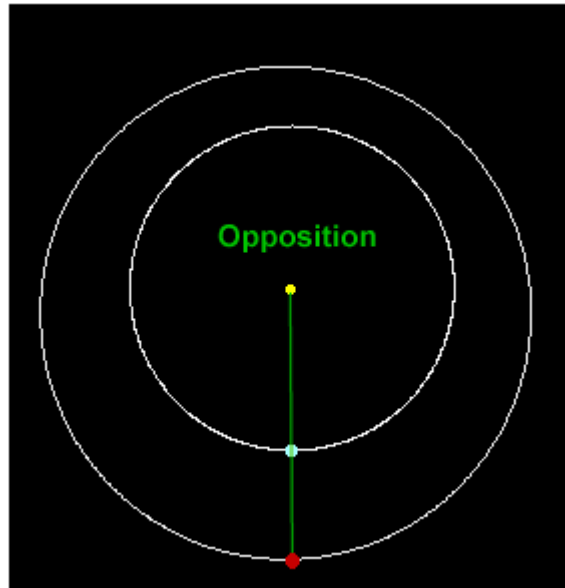
Nehmen wir an, wir betrachten die Marsbahn. Wir beginnen wieder am selben Punkt, dem „unteren“, nur müssen wir dieses Mal nach außen denken. Venus war in unterer Konjunktion nicht zu beobachten, aber für einen äußeren Planeten ist dieser Aspekt traumhaft! Er steht dicht an der Erde und ist daher so groß wie möglich und voll beleuchtet (ein äußerer Planet ist fast immer voll beleuchtet, da von ihm aus die Erde dicht neben der Sonne steht). Außerdem ist er die ganze Nacht über sichtbar, da er der Sonne am Himmel gegenübersteht. Diese Stellung nennt man **Opposition (1)**. Beste Sichtbarkeitsbedingungen – an die Marsopposition im August 2003 erinnert man sich sicher noch.

Nehmen wir erst einmal an, die Erde stehe still (was sie natürlich nicht tut), dann bewegt sich Mars weiter bis zur **westlichen Quadratur (2)**, wo er rechtwinklig zur Sonne steht. An diesem Punkt ist der Winkel zwischen den Linien Erde–Mars und Sonne–Mars maximal, für Mars steht die Erde also in maximaler Elongation. Für uns geht Mars jetzt um Mitternacht auf und steht bei Sonnenaufgang hoch im Süden.

Er läuft weiter und weiter, bis er hinter der Sonne steht (wahrscheinlich wieder etwas darüber oder darunter). Er steht dann in **Konjunktion (3)** und kann nicht beobachtet werden.

Schließlich läuft er dann über die **östliche Quadratur (4)** seiner nächsten Opposition entgegen.

## Die Erde mischt mit



Ein synodisches Marsjahr (dazu muss GIF-Animation eingeschaltet sein).

Überraschung: **Was ich eben erzählt habe, stimmt nur dann, wenn wir die Erde stillstehen lassen. Aber das fällt ihr nicht ein, und deshalb war es falsch.** Wenn der Planet sich nun wieder in seine Oppositionsstellung begibt, denken wir diesmal daran, dass die Erde sich auch um die Sonne bewegt – und dabei dem 3. Keplerschen Gesetz gehorcht, das ihr vorschreibt, schneller zu sein als der äußere Planet.

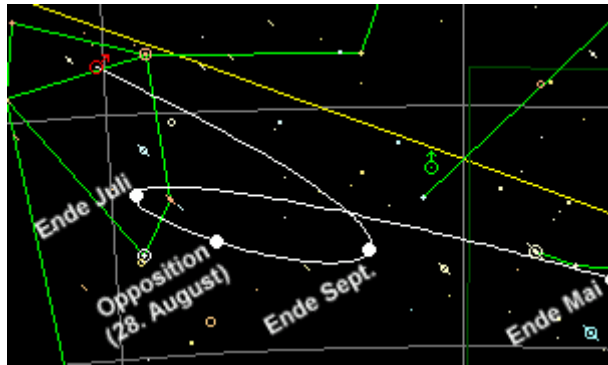
## Reihenfolge der Aspekte

Die Tatsache, dass die Erde schneller ist als der äußere Planet, hat zur Folge, dass unsere schöne Reihenfolge auf den Kopf gestellt wird.

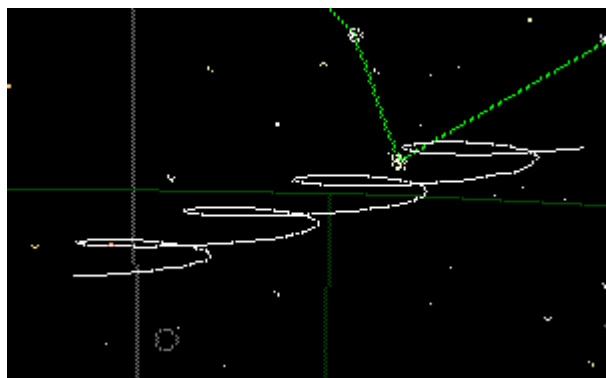
Obwohl nämlich der äußere Planet brav gegen den Uhrzeigersinn läuft, kommt nach der Opposition nicht die westliche, sondern die *östliche* Quadratur (4), weil die Erde einfach schneller ist und dem Planeten geradezu davonrennt.

In der Animation rechts habe ich es mal verdeutlicht. Gezeigt wird ein synodischer Umlauf des Mars von einer Opposition zur nächsten. Die Einzelschritte sind immer 14 Tage auseinander. Die Größen von Mars, Erde und Sonne sind übertrieben, aber die Bahnen sind maßstabsgetreu. Das Perihel des Mars ist fast genau oben, das Perihel der Erde (kaum zu erkennen) etwa auf „8 Uhr“.

## Oppositionsschleifen



Die Spur des Mars während der Perihelopposition August 2003. Rechts der Bildmitte steht Uranus, der fast gleichzeitig in Opposition war



Die Bahn des Zwergplaneten Pluto 2004–2008 (zwischen Schütze und Wasserschlange): Von einer Schleife in die nächste

Ein witziger Effekt: Während seiner Opposition zieht ein äußerer Planet am Himmel Zickzack- oder Schleifenbahnen vor dem Sternenhintergrund.

In Wirklichkeit bewegt sich der Planet natürlich ganz normal auf seiner Bahn weiter (alles andere wäre auch nicht gut für ihn). Aber unser Blickwinkel von der Erde aus ändert sich ebenfalls, und zwar stärker als seine eigene Position, und daher scheint er rückwärts zu laufen.

Stell Dir eine Landstraße vor. Du sitzt am Steuer oder besser auf dem Beifahrersitz eines fahrenden Autos. Vor euch ist ein Radfahrer, auf dem Radweg rechts neben der Straße. Der Radfahrer fährt gerade an der nächsten Tankstelle vorbei. Von Dir aus scheint er in diesem Moment die Tankstelle schon passiert zu haben, denn sie liegt hinter seinem Hinterteil, rechts von ihm. Einige Sekunden später überholt ihr den Radfahrer. Nun siehst Du deutlich, daß er erst neben der Tankstelle ist, denn er steht genau davor. Und wenn ihr 50 Meter weiter seid, könnte man den Eindruck haben, der Radfahrer fahre noch auf die Tankstelle zu, denn sie liegt auf einmal vor seinem Vorderrad, links von ihm.

Als aufgeklärter Mensch weißt Du natürlich, dass das nur eine Folge der unterschiedlichen Perspektive ist. Aber wer das nicht weiß, könnte bei einer Videoaufnahme dieses Überholvorganges auf die Idee kommen, der Radfahrer habe sich rückwärts bewegt.

Und genau das passiert auch während der Opposition eines äußeren Planeten. Da die Erde

schneller ist, überholt sie ihn auf der Innenbahn. Und folglich scheint sich der Planet (der „Radfahrer“) vor dem Hintergrund der fernen Sterne (der „Tankstelle“) für eine Zeit rückwärts zu bewegen. Wenn man das auf einer Sternkarte einträgt, ergibt sich ein Zickzack oder ein schönes Schleifchen. Der Astronom spricht von einer Oppositionsschleife. Sie beginnt und endet (in etwa) bei den Quadraturen, denn dann bewegt sich die Erde genau auf den Planeten zu oder von ihm weg, er scheint sich daher am Himmel überhaupt nicht zu bewegen.

Genau wegen dieser Probleme musste sich der alte *Ptolemäus* mit Epizykeln herumplagen. Wäre er nur auf den Trichter gekommen, dass die Erde sich ebenfalls bewegt, wäre die Erklärung ganz einfach gewesen.

## Planetendaten

für Mars, Jupiter, Saturn und Uranus – Neptun ist mit bloßem Auge nicht zu sehen („Tage“ und „Jahre“ sind Erdentage und -jahre):

	<b>Mars</b>	<b>Jupiter</b>	<b>Saturn</b>	<b>Uranus</b>
Siderische Umlaufzeit	1,88 Jahre	11,86 Jahre	29,46 Jahre	84 Jahre
Mittlere synodische Umlaufzeit	780 Tage	399 Tage	378 Tage	369 Tage
<b>Max.</b> Helligkeit	-2 <sup>m</sup> 6	-2 <sup>m</sup> 5	-0 <sup>m</sup> 5	+5 <sup>m</sup> 7
Max. Winkeldurchmesser	25"	50"	20" (Ringe: 46")	3,7"
Nächste Oppositionen	29.01.2010 03.03.2012	21.09.10	22.03.10	21.09.10
Nächste Kantenstellung (Saturn)			04.09.2009	

## Zusammenfassung "Äußere Planeten":

- beschreiben während eines Sonnenumlaufs eine kreisförmige Bahn durch die gesamte Ekliptik
- sind in größter Erdnähe ideal zu beobachten (Opposition)
- stehen niemals zwischen Erde und Sonne; wenn sie in Sonnennähe stehen, dann „hinter“ der Sonne (Konjunktion)
- zeigen fast keine Phasen, sondern sind immer gut beleuchtet, da Erde und Sonne von dort aus gesehen dicht beisammen stehen (außer Mars)
- bewegen sich in Opposition rückwärts, also von Ost nach West