

# 3-D Simulation zur Visualisierung eines rotierenden Flare-Sterns



Von Andreas Lüdtke  
Schülerpraktikant  
im Max-Planck-Institut  
für Radioastronomie Bonn

# Inhalt

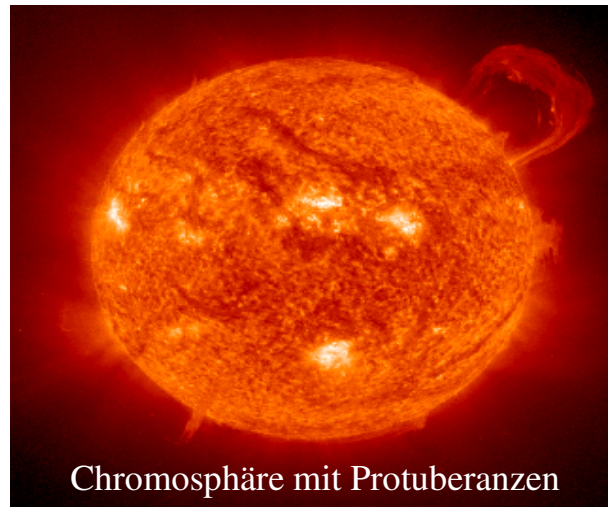
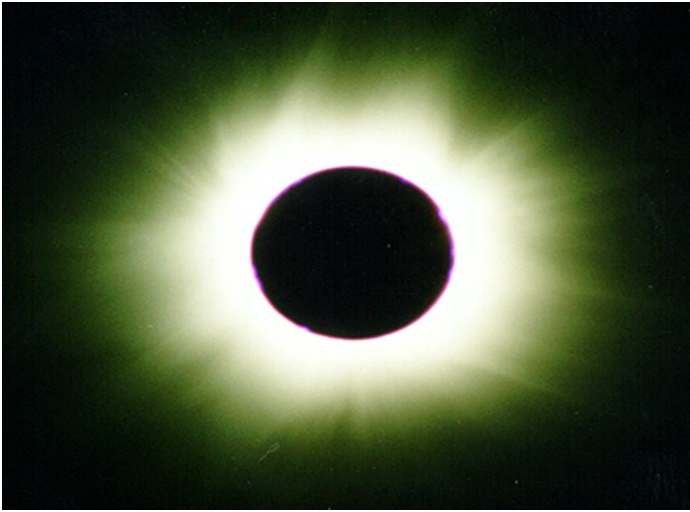
Teil 1  
Informationen  
+  
Fakten

- Was ist die Korona ?
- Sonnenflecken
- Flares

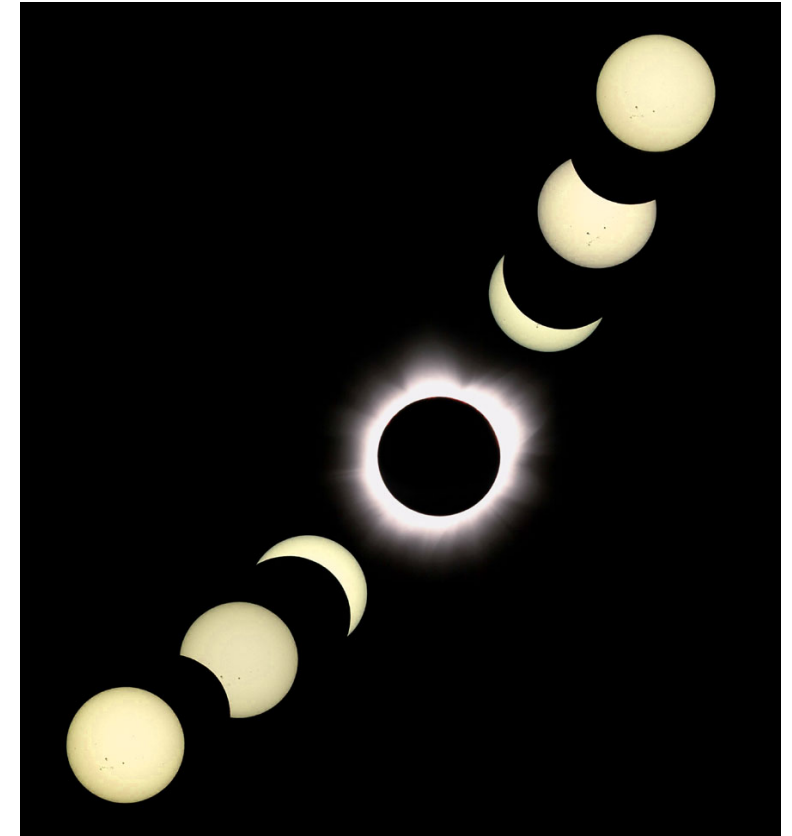
Teil 2  
3d Modelle  
+  
Programmierung

- Graphische Auswertung von Tabellen – Beispiel
- Pov-Ray 3.6
- Quellcode

Gibt es die Korona nur bei einer Sonnenfinsternis ?



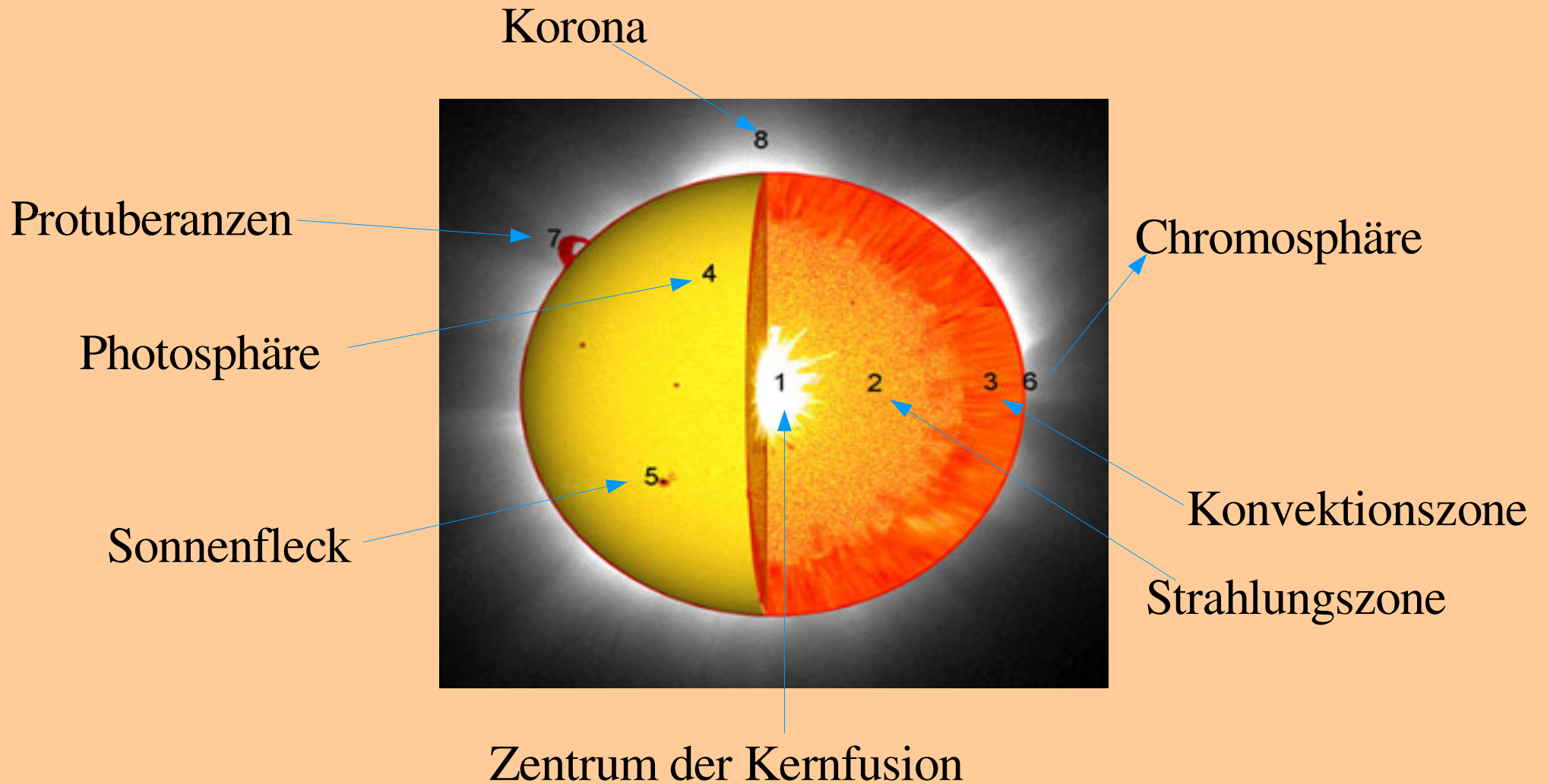
Chromosphäre mit Protuberanzen



Viele Menschen kennen die Korona deswegen, weil sie während einer Sonnenfinsternis zu beobachten ist. Doch sie ist immer vorhanden, aber nur während einer Sonnenfinsternis **sichtbar**.

Der Grund dafür liegt darin, dass die Korona durch das stärkere Licht der Sonne überstrahlt wird. Die Korona hat nämlich eine Helligkeit von circa einem Millionstel der Sonne (was etwa 45% des Mondlichtes entspricht).

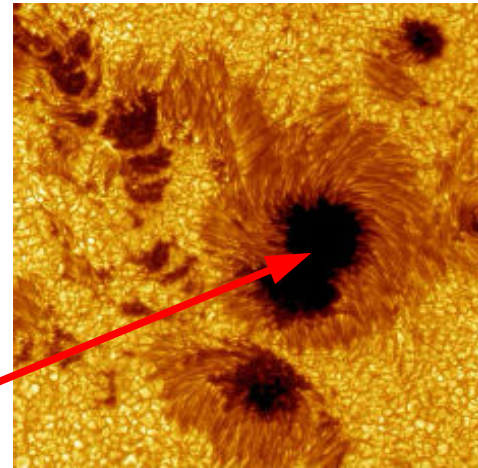
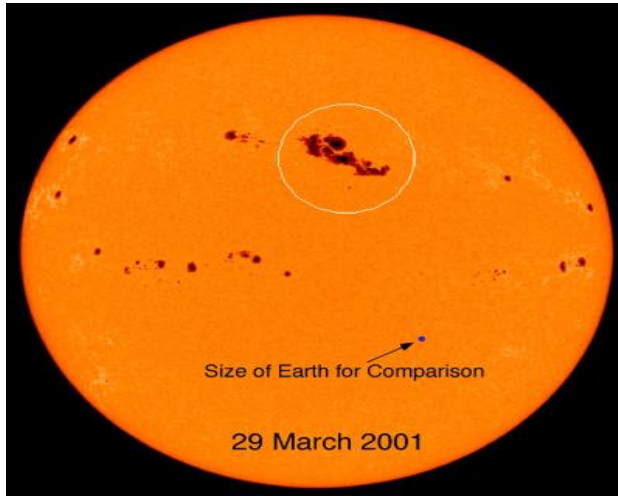
# Was ist die Korona ?



Die Korona ist die äusserste Umgebung der Sonne. Im Gegensatz zu der darunterliegenden Schicht, der Chromosphäre, die "nur" eine Temperatur von 15000-20000 K (Kelvin) erreicht, hat die Korona eine Temperatur von mehr als 1 Million K, aber nur eine sehr geringe Teilchendichte.



# Was sind Sonnenflecken und was haben sie mit der Korona zu tun?

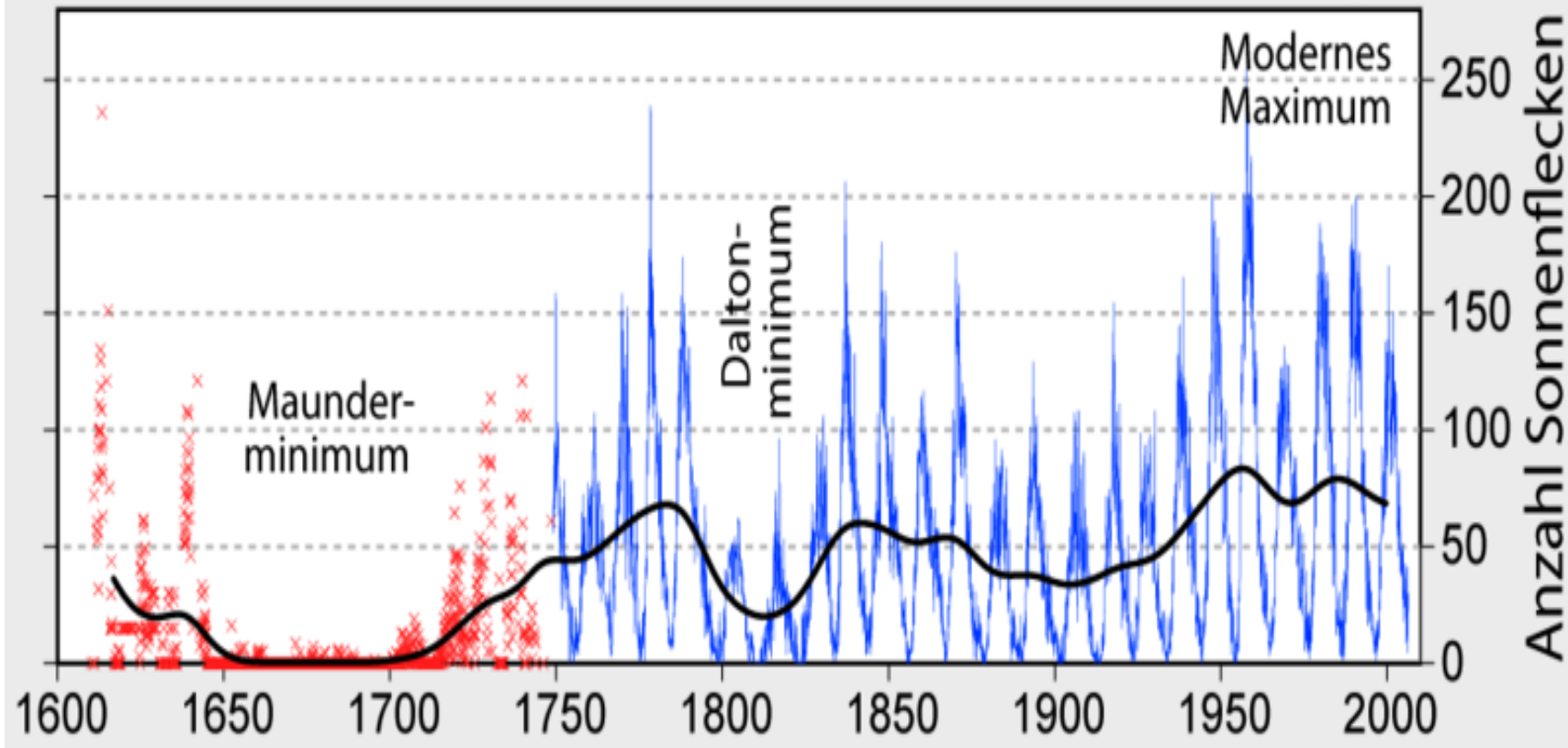


Sonnenflecken treten meist in Gruppen auf, in denen ein Sonnenfleck den magnetischen Nordpol bildet und einer den magnetischen Südpol. Das Zentrum der Sonnenflecken ist mit  $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$  etwa  $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$  kälter als die allgemeine Oberflächentemperatur der Sonne. Der Grund dafür liegt darin, dass die Magnetfeldlinien die Bewegung der Konvektionszellen, die die Hitze aus dem Inneren der Sonne an die Oberfläche transportieren, behindern.



Sonnenflecken sind aber nicht schwarz, wie sie dem Auge erscheinen, nur dunkel, weil das menschliche Auge den Helligkeitskontrast bei so hohen Temperaturen (d.h.  $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$  und  $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) nicht unterscheiden kann. Die hier austretenden Magnetfeldlinien (**koronal-loops**) können eine Höhe von  $100000\text{ Km}$  und mehr erreichen, an denen Teilchen "entlangfliegen".

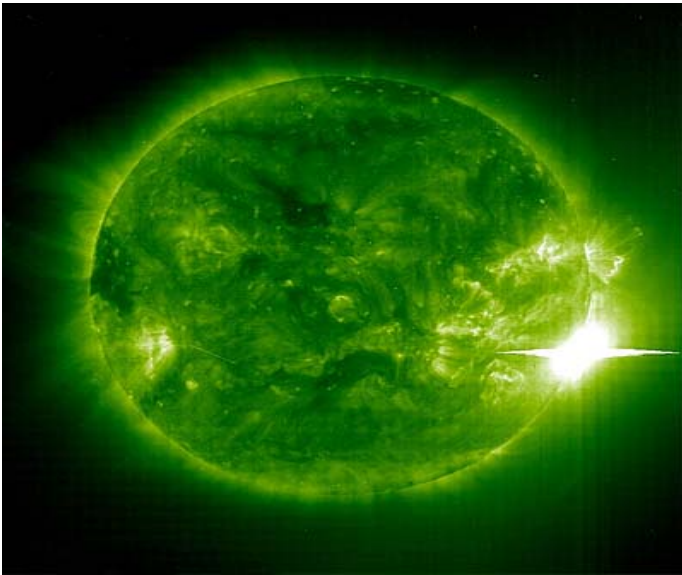
# 400 Jahre Sonnenflecken-Beobachtung



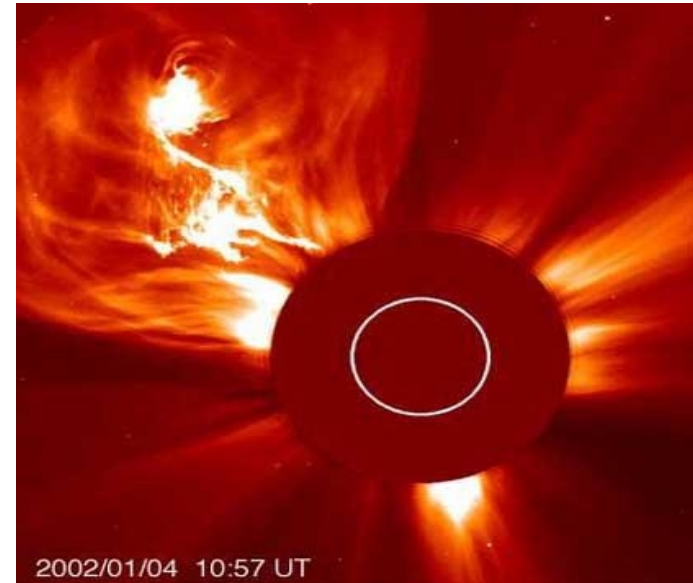
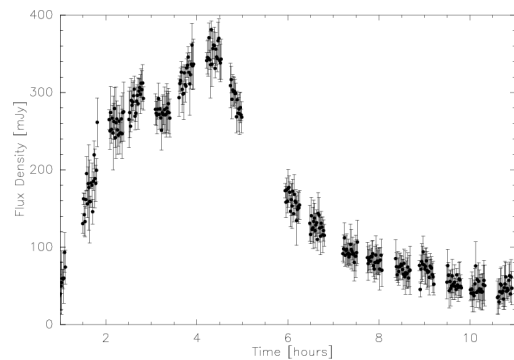
Die Form der Korona hängt mit dem Sonnenfleckenzyklus zusammen.

Im Fleckenmaximum ist sie nahezu kreissymmetrisch, die Strahlen sind regelmässig um die Sonne verteilt, während im Fleckenminimum eine starke Abplattung mit langen, ausgeprägten Strahlen am Sonnenäquator und kurzen radialen Büscheln an den Polen eintritt.

# Was sind Flares? Und was verraten sie uns ?



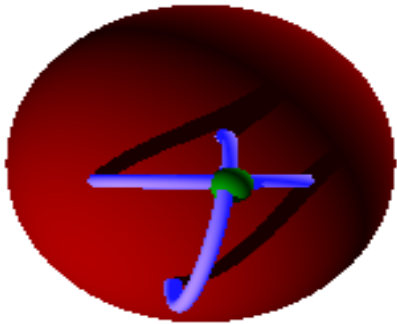
Explosion von 2 sich treffenden Magnetfeldlinien



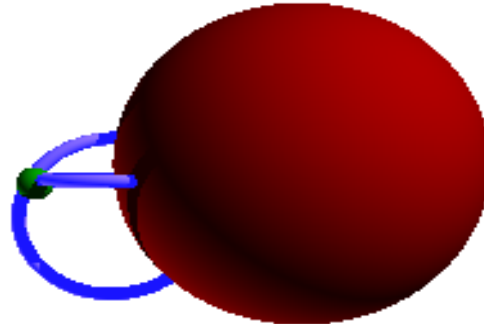
Aufgenommen vom Satelliten SOHO  
(CME – Coronal Mass Ejection)

Flares entstehen, wenn 2 austretende Magnetfeldlinien sich treffen. Dabei kann eine Explosion entstehen. Zudem werden verschiedene Strahlungen wie Röntgen-, Gamma- und Radiostrahlung frei. Radiostrahlung kann man mit Radioteleskopen messen und in Grafiken darstellen. Wir sehen in der Grafik (links unten) den Verlauf eines Flares: einen starken Anstieg der Strahlung, die mit der Zeit aber wieder abnimmt. Bei weit entfernten Sternen können wir diese Explosionen nur mit Grafiken zeigen, aber bei unserer Sonne auch mit Photos (Bild links oben), da unsere Sonne mit 150 Millionen km im Vergleich zu anderen Sternen sehr dicht an der Erde liegt. In dem Photo (Bild links oben) kann man sehen, wie ein Flare sich meist über einem eng begrenzten Gebiet ereignet (wenige Tausendstel der Sonnenoberfläche).

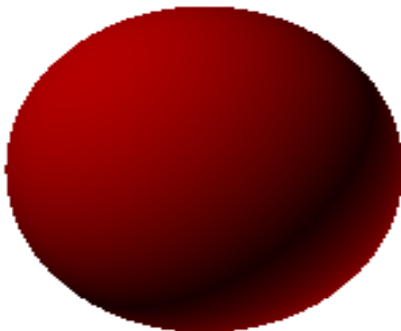
# Grafische Auswertung - Beispiel am Stern UX Arietes



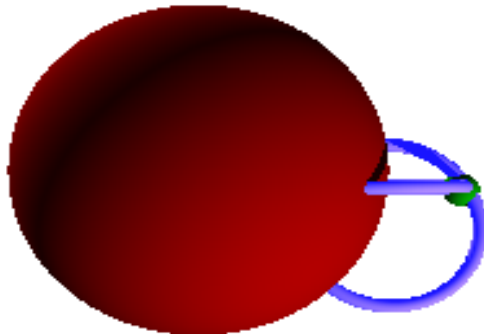
T = 0 d



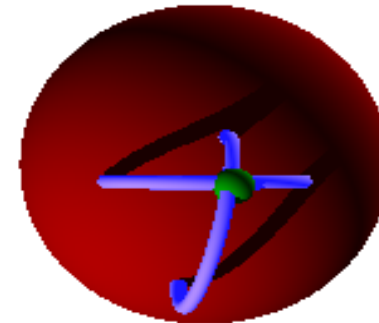
T = 1,5 d



T = 3 d



T = 4,5 d



T = 6 d



## UX Arietis Model erzeugt mit Povray.

Der Stern UX Arietis, der 6 Tage (Periode) braucht, um sich einmal um die eigene Achse zu drehen, ist ziemlich weit von der Erde entfernt, sodass man ihn in Photos nur als einen Punkt beobachten kann. Die schon erwähnten Flares/Grafiken, können uns aber Aufschluss über das Flare-Gebiet geben.

Durch mehrere Forschungsprojekte konnte herausgefunden werden:

- 1) 1,5 Tage nach dem Start eines Flares wird die Strahlung schwächer
- 2) nach 3 Tagen gibt es dann ein Strahlungsminimum.
- 3) 4,5 Tage später wird wieder die Strahlung messbar,
- 4) die dann am 6. Tag wieder zu einem erneuten Strahlungsmaximum kommt.

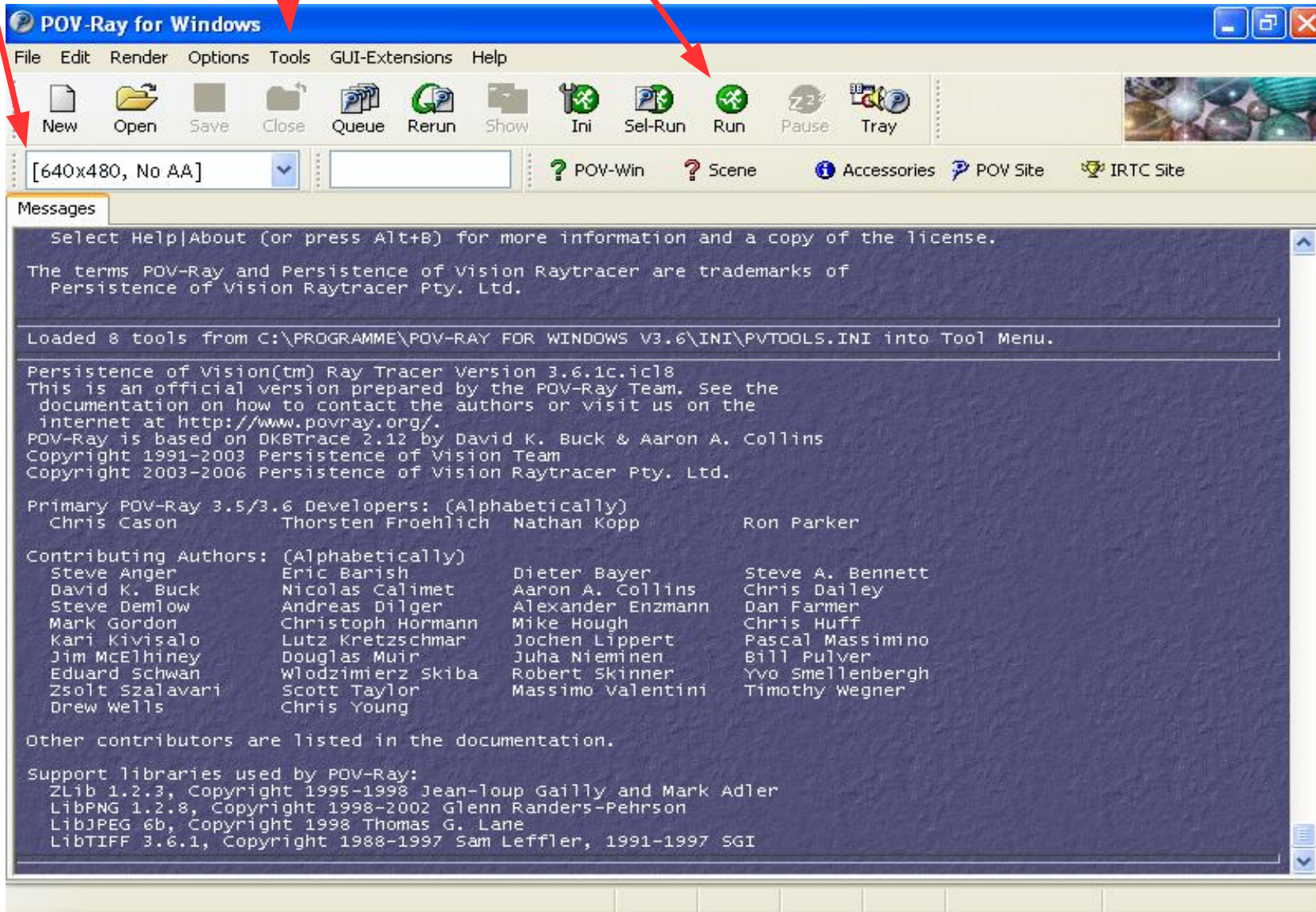
Die Erklärung hierfür ist, dass das Gebiet, wo sich Flares entwickeln, nur auf einer Hemisphäre des Sterns liegt, wie das Modell (S.8) zeigt. Deshalb werden die Flares für eine halbe Periode (d.h. 3 Tage) unsichtbar.

## Nützliche Tools

# Pov-Ray 3.6

Auflösung ändern

Kompilieren



## Appendix: Povray

Pov-Ray ist ein 3D Modellierprogramm, welches in der Windowsversion mit einer eigenen Programmiersprache programmiert wird, die C++ sehr ähnlich ist.

In der Linuxversion sieht es da schon anders aus.

Sie arbeitet mit einer grafischen Oberfläche. Natürlich kann man unter Windows programmierte Modelle in Linux durch das Importmenü übernehmen. Andersherum funktioniert es ebenso.

Der Unterschied der Windows- zur Linuxversion besteht darin, dass die Sicht auf das Objekt in Windows programmiert werden muss, und dem Betrachter ein Standpunkt gegeben werden muss. Unter der Linuxversion erlaubt die grafische Oberfläche vier verschiedene Ansichten gleichzeitig.

Folgende Probleme stellten sich bei der Programmierung: ich musste zunächst verstehen, was wofür gebraucht wird, und da mit  $\langle x,y,z \rangle$  Koordinaten gearbeitet wird, mussten die räumlichen Verhältnisse stimmen, damit die verschiedenen Körper und Ansichten programmierbar waren. Um die Ansicht dann auch noch von allen Seiten zu bekommen, musste ich zum Schluss lediglich die Koordinaten der "camera location" ändern, die den Standpunkt des Blickwinkels darstellt.

---

```

#include "colors.inc" // Hier werden die Farben mit eingebunden
  camera {
    location <0,0,-12> // Von der <x,y,z> Koordinate wird
    look_at 0 // das Objekt betrachtet
    angle 40 // ... aus dem Winkel von ...
  }
  background { color rgb <255,255,255> } // Hintergrundfarbe in RGB
  light_source { <-1000,-1000,-1000> white } // Eine Lichtquelle aus der Entfernung <x,y,z> mit Farbe
  light_source { <1000,1000,1000> white } // Eine zweite Lichtquelle, für die Rückseite

  sphere { // Hier wird eine Kugel erzeugt, die die Sonne darstellt
    <0,0,0>, 1 // Koordinaten, Radius
    pigment { Red } // Farbe
  }
  sphere { // Punkt, der sich im Schnittpunkt der Loops trifft
    <0.14, -0.12, -1.4>, 0.1
    pigment { Green }
  }
  torus { 0.5, 0.04 // Erzeugt Kreis, der Loop darstellt
    rotate<80,99,-203> // Rotiert im Grad von v ...
    translate<-0, -+0.33, -1> // Um den Punkt ...
    pigment {color rgb< 1, 0.8, 255>}}
  torus { 0.5, 0.04 // Loop
    rotate<0,0,-0>
    translate< 0, -0.3+0.2, -0.9>
    pigment {color rgb< 1, 0.8, 255>}}

```