

Christian Lenz

STC-Scripting Handbuch für Celestia

<http://www.shatters.net/celestia/>

Version 1.2 (Deutsch)

Rev. 1

© by Christian "Guckytos" Lenz, Januar 2006

<http://home.arcor.de/christianlenz/>

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Muster einer STC-Datei	4
Minimale STC Parameter für einen einfachen Stern	5
Elemente der STC-Datei.....	5
Objektbezeichnung	5
OrbitBarycenter	7
RA.....	8
Dec	9
Distance	10
SpectralType	10
Celestia bekannte Spektralklassen	10
Spektralklasse	10
Hertzsprung-Russell-Diagram (HRD)	12
Leuchtkraft Klassen	12
Seltene und ungewöhnliche Spektralklassen	14
Absolute Helligkeit oder Scheinbare Helligkeit.....	17
Radius.....	18
EllipticalOrbit	18
SemiAxes	24
Mesh	24
Texture.....	25
Rotations-Elemente	26
Danksagungen	28

Vorwort

Eine Attraktion von Celestia ist die Möglichkeit eigene Sterne und Sonnensysteme erstellen zu können.

Um ein Sonnensystem in Celestia darstellen zu können werden zwei Katalogdateien mit den nötigen Definitionen benötigt.

- Die STC-Datei (**ST**ar **C**atalog) enthält die Eigenschaften und die Position des zu erstellenden Objekts. Eine STC-Datei kann nicht nur benutzt werden um einen Stern zu beschreiben, sondern auch einen Massenmittelpunkt um den andere Objekte kreisen. Um diese zwei Objektklassen (Sterne und Massenmittelpunkte) können andere Sterne, Massenmittelpunkte oder andere Objekte, die in den SSC-Dateien definiert sind, kreisen.
- Die SSC-Datei (**S**olar **S**ystem **C**atalog) enthält die Beschreibungen und die Eigenschaften von Planeten und anderen Objekten (z.B. Raumfahrzeugen).

Dieses Handbuch beschäftigt sich detailliert mit der STC-Datei, die benötigt wird um Celestia die Position eines Sterns und seine weiteren Eigenschaften mitzuteilen. Falls Sie mehr über die Erstellung von Planetensystemen und damit SSC-Dateien erfahren wollen, sehen Sie bitte im exzellenten Handbuch von Ulrich Dickmann nach. Dieses finden Sie entweder auf seiner Homepage: <http://www.celestia.de.vu> oder auch auf der Celestia Motherlode Seite <http://www.celestiamotherlode.net> unter Resources/Dokumentation.

Eine STC-Datei kann sowohl nur eine Definition für eine einzelne Sonne oder Massenmittelpunkt enthalten, oder aber auch die Definitionen für eine ganze Reihe von Sonnen/Massenmittelpunkten. Ab Celestia Version 1.4.0 ist es nun auch möglich binäre Sternsysteme oder Systeme mit noch mehr Sonnen nur mit Hilfe einer STC-Datei zu erstellen. Sollten Sie noch eine frühere Version von Celestia benutzen, werden dazu sowohl eine STC- **und** eine SSC-Datei benötigt. Aber das Ergebnis wird nicht so gut aussehen wie in Version 1.4.0.

Die STC-Datei kann mit jedem beliebigen Texteditor erstellt und anschließend als einfacher Text gespeichert werden. Es gibt nur zwei Bedingungen, die die STC-Datei unbedingt erfüllen muss.

1. Jede einzelne Sonnendefinition muss vollständig und korrekt in ihrer Syntax sein. Ansonsten wird sie und alle auf sie folgenden Definitionen von Celestia ignoriert.
2. Jede STC-Datei **muss** eine extra Leerzeile am Ende der Datei enthalten, ansonsten wird die Datei ignoriert.

Muster einer STC-Datei

Achtung, die hier beschriebenen Funktionen funktionieren **nicht** mit Celestia Versionen niedriger als 1.4.0!

Um Sterne für Celestia Versionen bis einschließlich 1.3.2 zu erstellen bitte das nächste Kapitel "Minimale STC Parameter für einen einfachen Stern" beachten.

Das folgende Beispiel zeigt das grundsätzliche Aussehen einer STC-Datei.

```
#####
# Kommentarzeile
#####
# HIP 500000
Objektbezeichnung      # Objektklasse, HIP-Nummer und/oder Objektname
{
    OrbitBarycenter "Name"  # Platziert einen Stern in einen Orbit um "Name"
    RA 100.00               # Rektaszension in Grad
    Dec 45.00               # Deklination in Grad
    Distance 1000           # Entfernung in Lichtjahren
    SpectralType "A0V"      # Spektraltyp
    AbsMag 30               # Absolute Helligkeit (ebenso AppMag möglich)
    Radius 1250000          # Radius of the star in km

    EllipticalOrbit
    {
        Period            90.00      # Umlaufzeit in Jahren
        SemiMajorAxis      100.00     # Radius des Orbits in AE
        Eccentricity        0.1       # Definiert die Form des Orbits
        Inclination         80.00     # in Grad
        AscendingNode       70.00     # in Grad
        ArgOfPericenter     10.00     # in Grad
        MeanAnomaly         150.00    # in Grad
        Epoch               # Julianisches Datum oder Universal Zeit
    }

    SemiAxes [1 0.85 1]     # Definiert die Form eines Sterns
    Mesh "MyMesh"           # Ersetzt das normale Gitter eines Sterns
    Texture "My Texture"    # Ersetzt die normalerweise benutzte Sterntextur

    RotationPeriod          480       # in Stunden
    Obliquity                3.3947   # in Grad
    EquatorAscendingNode    325       # in Grad
    RotationOffset           280.5     # in Grad
    PrecessionRate           48.98    # in rad/Tagen
    Orientation              [180 1 0 0]

}
<Extra Leerzeile am Dateiende>
```

Celestia ignoriert nach einem # alle weiteren auftretenden Zeichen in einer Zeile, so dass diese für Kommentare benutzt werden können. Im obigen Beispiel sind die ers-

ten vier Zeilen reine Kommentare. Solche Kommentare sind bei größeren Dateien oder Dateisammlungen sehr nützlich um den Überblick zu behalten, und z.B. auf einen Blick zu wissen wofür die Datei benutzt wird, besonders falls ein nicht sehr aussagekräftiger Dateiname benutzt wurde.

Minimale STC Parameter für einen einfachen Stern

Wenn Sie nun denken, "Meine Güte, was für ein Haufen an Parametern, die ich erst einmal verstehen muss, nur um einen einfachen Stern zu erstellen!", keine Angst! Alles was Sie brauchen um einen normalen Stern zu platzieren ist im unten stehenden STC-Layout dargestellt. Aber das funktioniert nur für einen Stern der nicht um irgendetwas kreist. Aber natürlich können Sie alles mögliche andere in einen Orbit um diesen Stern bringen (*g*).

Um einen Stern zu erstellen ist es nicht notwendig einen Objekttyp anzugeben, wenn nichts dasteht nimmt Celestia an, dass ein Stern erstellt werden soll. Sie können ihrem Stern eine HIP Nummer und/oder einen Namen geben, aber eine der beiden Angaben ist Pflicht.

```
#####  
# Kommentarzeile  
#####  
# HIP 500000  
HIP-Nummer und/oder "Sternname" # HIP Nummer und/oder zugewiesener Name  
{  
    RA 100.00      # Rektaszension  
    Dec 45.00      # Deklination  
    Distance 1000  # Entfernung in Lichtjahren  
    SpectralType "type"# Spektraltyp  
    AppMag 15      # Scheinbare Helligkeit  
}  
<Extra Leerzeile am Dateiende>
```

Dieses Basislayout enthält auch alle Parameter die Celestia bis einschließlich Version 1.3.2 für STC-Dateien benutzt. Wenn Sie also eine Version vor 1.4.0 benutzen müssen sie sich nur Gedanken um diese Parameter machen. Eine Sache noch, wenn Sie eine ältere Version benutzen (1.3.2 oder früher) müssen Sie sowohl **HIP Nummer** als auch "Sternname" angeben.

Elemente der STC-Datei

Objektbezeichnung

In der neuen Version gibt es nun drei optionale Felder um ein STC-Objekt zu erstellen. Falls alle drei Felder benutzt werden sollen ODER Sie einen Massenmittelpunkt setzen wollen, müssen die Felder in der folgenden Reihenfolge benutzt werden:

1. Objekttyp
2. HIP Nummer
3. Name des Objekts

Objekttyp (optional) = Entweder **Barycenter** oder **Star**. Ein Barycenter (Massenmittelpunkt) ist das Gravitationszentrum zwischen zwei oder mehr Objekten, um das diese Objekte Bahnen beschreiben. Wenn dieses Feld freigelassen wird, nimmt Celestia an, dass ein Stern erstellt werden soll.

Wichtig! Die **HIP Nummer** und **"Objektname"** Felder sind zwar beide optional, aber es muss immer mindestens eine **HIP Nummer** **oder** ein **"Objektname"** angegeben werden, damit Celestia das Objekt erzeugen und platzieren kann!

HIP Nummer (optional) = Celestia benutzt den Hipparcos Sternenkatalog, kurz HIP, und "Hipparcos Nummern", um den Überblick über die Sterne zu behalten. Hipparcos Nummern wurden den Sternen von Astronomen, die den Hipparcos Satelliten benutzten, um die Entfernungen zu vielen Sternen zu messen, zugewiesen.

Selbsterstellten Sternen sollten in Celestia fiktive Hipparcos Nummern im Bereich von 300.000 bis 600.000 zugewiesen werden, damit keine Konflikte mit bereits in der Datenbank enthaltenen realen Sternen auftreten.

Sollte eine **HIP Nummer** für ein neues Objekt bereits durch einen Stern oder einen Massenmittelpunkt in Benutzung sein, so wird das bisherige Objekt durch das neu erstellte Objekt ersetzt. Massenmittelpunkte können Sterne ersetzen.

"Objektname" (optional) = Der Name für das neuerstellte Objekt. Es gilt bei der Vergabe von Namen für Objekte, wie auch bei der **HIP Nummer**, vorsichtig zu sein. Denn wenn ein Name gewählt wird der bereits in der Datenbank von Celestia enthalten ist, kann seltsames Verhalten des Programms die Folge sein, der "neue" Stern wird dann zum Beispiel an der Position des "Alten" dargestellt und nicht seiner gewünschten, oder ähnliches.

Es ist allerdings möglich einem Objekt mehr als nur einen Namen zu geben, unter dem es dann in Celestia aufgerufen werden kann. Dazu müssen die Namen nur durch einen Doppelpunkt im Namensfeld getrennt sein.

In Celestia ist es nun möglich zu dem Objekt zu gehen, indem z.B. über die Eingabe/Name/Eingabe-Methode irgendeiner der Namen oder die **HIP Nummer** (in der Form "HIP 450000") eingegeben wird. Fall Sie Ihrem Stern oder Massenmittelpunkt keinen Namen geben, dann ist die letzte Methode die einzige, die Sie benutzen können.

Beispiel 1: **Barycenter 450000 "Mein Barycenter:Mein System"**

Definiert einen Massenmittelpunkt mit der HIP Nummer 450000 und den Namen "Mein Barycenter" und "Mein System". Beide Namen führen zum gleichen System.

Beispiel 2: **"Erster Stern:Der Erste:Anfang"**

Definiert einen Stern mit den Namen "Erster Stern", "Der Erste" und "Anfang" ohne dem Stern eine HIP Nummer zu geben.

OrbitBarycenter

OrbitBarycenter (optional) = Die Position eines Stern oder eines Massenmittelpunkts um einen anderen Stern kann entweder normal durch die Angabe von **RA**, **Dec** und **Distance** für dieses Objekt erfolgen oder durch Benutzung des Schlüsselwortes **OrbitBarycenter**, um den Namen eines bereits definierten Massenmittelpunkts oder Sterns anzugeben, um den das neue Objekt kreisen sollen. Ein Stern oder Massenmittelpunkt kann in den Orbit um einen anderen Stern oder Massenmittelpunkt gesetzt werden.

Falls die **OrbitBarycenter** Option benutzt wird um einen Stern zu erschaffen, müssen nur noch der Spektraltyp und die Helligkeit des neuen Sterns definiert werden. Wie ein Massenmittelpunkt in einen Orbit um ein anderes Objekt gesetzte werden kann ist in Beispiel 6 gezeigt.

In den nächsten Beispielen bekommt der Stern "**Erster Stern**", aus Beispiel 2, nun an einem bestimmten Punkt stehend, einen Begleiter. Um dies zu tun gibt es verschiedenen Möglichkeiten, die alle vorgestellt werden.

Beispiel 3: "**Mein Zweiter Stern**"
 {
 RA 299.0 # in Grad
 Dec -10.5 # in Grad
 Distance 30 # in Lichtjahren
 SpectralType "G2V"
 AbsMag 7
 }

Beispiel 4: "**Mein Zweiter Stern**"
 {
 OrbitBarycenter "Erster Stern"
 SpectralType "G2V"
 AbsMag 7
 }

Beispiele 3 und 4 erstellen beide den gleichen Stern "**Mein Zweiter Stern**", mit den selben Charakteristiken an der gleichen Stelle, die auch der Position von "**Erster Stern**" entspricht. Welche Methode Sie verwenden wollen bleibt Ihnen überlassen. Die Spezifikation von **RA**, **Dec** und **Distance** ist leicht effizienter als die Benutzung von **OrbitBarycenter**, aber nur während des Ladevorgangs, wenn Celestia erst die Position des Massenmittelpunkts nachschlagen muss.

Aber falls **OrbitBarycenter** benutzt wird, muss auch der Orbit für das zweite Objekt mit Hilfe der **EllipticalOrbit** Optionen definiert werden. Denn Sie lassen dadurch ein Objekt um ein anderes kreisen und Celestia muss diese Orbitdaten kennen.

Beispiel 5: **BaryCenter** "Erstes Barycenter"
 {
 OrbitBarycenter "Erster Star"
 }

In Beispiel 5 wurde ein Massenmittelpunkt mit dem Namen "**Erstes Barycenter**" erstellt, an der gleichen Stelle wie der zweite Stern in den Beispielen zuvor. Dieser Massenmittelpunkt umkreist "**Erster Stern**". Genauso einfach könnten Sie zwei oder mehr Massenmittelpunkte erstellen.

Beispiel 6: `BaryCenter "Mein Barycenter"`
`{`
`OrbitBarycenter "Erstes Barycenter"`
`}`

In Beispiel 6 wurde ein weiterer Massenmittelpunkt erstellt, der in einen Orbit um "Erstes Barycenter" geschickt wurde. Wenn man die Beispiele nun addiert, so haben Sie nun 2 Sonnen, die einander umkreisen und zwei Massenmittelpunkte, die sowohl um den Stern "Erster Stern" als auch umeinander kreisen. Für alle diese Objekte müssen die `EllipticalOrbit` Definitionen erstellt werden!

RA

RA = Rektaszension, der Winkel in Grad, in der Äquatorebene der Erde vom Frühlingspunkt aus gemessen, an dem der Stern platziert werden soll. Der Winkel verläuft gegen den Uhrzeigersinn. Etwas weiter unten im Text ist eine Grafik, die die Lage des Frühlingspunktes und die Winkel veranschaulicht. Celestia benutzt für die Rektaszension eines Sterns Grad anstelle der in der Astronomie normalerweise üblichen Darstellung in Stunden (^h), Minuten (^m) und Sekunden (^s).

Deshalb ist bei der Platzierung von Sternen unter Umständen eine Umrechnung von der üblichen Darstellung nötig.

1^h = 60^m und 1^m = 60^s. Ein voller Kreis von 360 Grad entspricht 24^h, d.h. 1 Stunde entspricht einem Winkel von 15°.

Um eine Rektaszension vom Stundensystem in Grade umzuwandeln können folgende Gleichungen verwendet werden:

$$\text{RA (Zeit)} = \text{Stunden} + \text{Minuten}/(60 \text{ min/h}) + \text{Sekunden}/(3600 \text{ s/h})$$

$$\text{RA (Grad)} = \text{RA (Zeit)} * 15 \text{ Grad/Stunde}$$

Beispiel: `RA = 11h 27m 35,9s`

$$\text{RA (Zeit)} = 11 + 27/60 + 35,9/3600 \text{ Stunden} = 11,45997222 \text{ h}$$

$$\text{RA (Grad)} = 11,45997222 \text{ h} * 15 \text{ Grad/h} = 171,8995833 \text{ Grad}$$

Der Eintrag in der STC-Datei könnte dann wie folgt aussehen:

Beispiel: `RA 171.8995833`

Wichtig: Die Angabe von Zahlenwerten in Celestia muss im Englischen System erfolgen, d.h. es muss der **Dezimalpunkt** verwendet werden und nicht ein Dezimalkomma.

Wie viele Dezimalstellen braucht man nun um den Stern genau zu positionieren? Das ist etwas, was man selbst entscheiden muss. Es hängt auch davon ab, wie genau der Stern platziert werden soll und wie weit der Stern von der Erde entfernt ist. Denn wenn man die Entfernung erhöht (den Radius des Kreises erweitert), erhöht man auch den Abstand zwischen zwei benachbarten Punkten auf der Kreislinie. Ich benutze normalerweise sieben Dezimalstellen, da dies für meine Zwecke genau genug ist, aber das ist wie gesagt vom jeweiligen Anwendungsfall abhängig, daher verwenden Sie am besten was Sie für nötig halten.

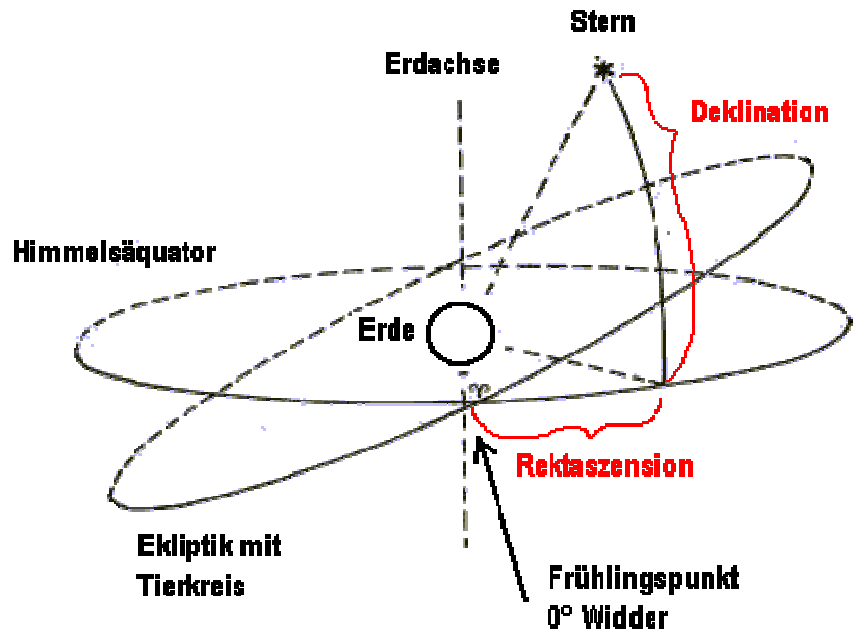


Abb. 1: Äquatoriales Koordinatensystem (aus dem SSC-Scripting Handbuch, siehe ¹)

Durch die Bewegung der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne ändert sich scheinbar die Position der Sonne für einen auf der Erde fest positionierten Beobachter. Am Tag des Frühlingsanfangs (21. März) überschreitet die Sonnenmitte auf ihrer scheinbaren Bahn den Himmelsäquator (der ins unendliche projizierte Äquator der Erde). Diesen Schnittpunkt zwischen der Sonnenbahn, der Ekliptik (die an den Himmel projizierte jährliche Erdbahn) und dem Äquator bezeichnet man als **Frühlingspunkt**. Eine andere mögliche Bezeichnung für den Frühlingspunkt wäre auch "aufsteigender Knotenpunkt der Sonnenbahn"¹.

Dec

Dec = die Deklination ist der Winkel, den die Verbindungslinie zwischen Stern und Erde mit dem Himmelsäquator einschließt. Sie bestimmt wie weit ober- oder unterhalb der äquatorialen Ebene sich der Stern befindet. Diese Angabe erfolgt für Celestia ebenfalls in Grad. In der Astronomie hingegen wird normalerweise das Format Grad, Bogenminuten und Bogensekunden verwendet. Die Umrechnung erfolgt deshalb etwas anders als bei der Rektaszension.

1 Grad sind 60' (Bogenminuten) und 1' sind 60" (Bogensekunden)

$$\text{Dec} = \text{Grad} + \text{Bogenminuten}/(60 \text{ Grad}') + \text{Bogensekunden}/(3600 \text{ Grad}'')$$

Beispiel: **Dec = -11 Grad 39' 45"**

$$\text{Dec} = -(11 + 39/60 + 45/3600) = -11.6625 \text{ Grad}$$

Der Eintrag in der STC-Datei würde dann für dieses Beispiel wie folgt aussehen:

Beispiel: **Dec -11.6625**

¹ Entnommen aus dem .SSC-Scripting Handbuch von Ulrich Dickmann, www.celestia.de.vu/

Distance

Distance = Die Entfernung des Sterns von der Erde wird in Lichtjahren angegeben. Celestia ist nur in der Lage Sterne bis in eine Entfernung von 16.000 Lichtjahren darzustellen. Bei Angabe einer größeren Entfernung wird der Koordinatenpunkt zwar erstellt, aber kein Stern dort platziert. In der Astronomie gibt es noch eine weitere Einheit zur Entfernungsangabe, das Parsec (parallaktische Sekunde). Die Umrechnung von und zu Lichtjahren ist recht einfach:

1 parsec (pc) = 3,2616 Lichtjahre (LJ)

SpectralType

SpectralType "type" = definiert die Spektralfarbe und einige andere Charakteristika des Sterns. Dieses Thema ist etwas umfangreicher und komplexer und wird deshalb genauer erläutert.

Beispiel: Unsere Sonne = **SpectralType "G2V"**

Was bedeutet das und welche Spektraltypen existieren und sind Celestia bekannt? Kurz gesagt ist der Spektraltyp ein aus der **Spektral-** und **Leuchtkraftklasse** zusammengesetzter Ausdruck. Unsere Sonne zum Beispiel hat die Spektralklasse "**G**", Unterklasse "**2**" und die Leuchtkraftklasse "**V**".

Wenn außer der Spektralklasse keine weitere Angabe gemacht wird, wird der Stern von Celestia automatisch als Hauptreihenstern generiert.

Celestia bekannte Spektralklassen

Celestia ist in der Lage Sterne der folgenden Spektralklassen zu erzeugen.

Die Morgan-Keenan Spektralklassen: O,B,A,F,G,K,M

Die folgenden seltenen oder ungewöhnlichen Spektralklassen:

L,T, R, S, N, C, WC, WN,
D (Weiße Zwerge)
Q (Neutronstern)
X (Schwarzes Loch)

Spektralklasse

Die nächsten drei Kapitel sind dazu gedacht einen Überblick über die Antwort auf die Frage, "Was ist eine Spektralklasse und was sagt sie über einen Stern und seine Charakteristika aus?", zu geben.

Für Anfänger sind sie durchaus sinnvoll zum Durchlesen, aber wenn Sie bereits genau wissen was Sie tun wollen, können Sie diese Kapitel überspringen.

Sterne geben offensichtlich Licht ab, da wir sie ansonsten nicht wahrnehmen könnten. Allerdings hat dieses Licht nicht nur unterschiedliche Helligkeiten, sondern auch unterschiedliche Farben. Die Farbe eines Sterns und sein emittiertes Licht hängen von seiner Zusammensetzung und von seiner Oberflächentemperatur ab, ähnlich wie bei glühendem Eisen. Wenn Eisen erhitzt wird glüht es zuerst tiefrot und die Farbe wechselt bei steigenden Temperaturen über gelb bis hin zu strahlend weiß. Außerdem erhöht sich dabei auch die Helligkeit. Das gleiche gilt im Prinzip auch für Sterne, ihre Helligkeit hängt von der Oberflächentemperatur (Farbe) und der emittierenden Oberfläche (bzw. Durchmesser) ab. Ein kühler roter Riesenstern hat eine größere Helligkeit als ein normaler roter Stern.

Wird das Licht von Sternen durch ein Prisma geleitet, so teilt es sich in seine Spektralfarben auf. Aus so entstandenen Diagrammen lässt sich ablesen, dass ein roter (kühler) Stern nicht viele Emissionen im Bereich des blauen Lichts aufweist, im Gegensatz zu einem weißen (heißen) Stern. Diese Diagramme zeigen gleichzeitig auch die "Fingerabdrücke" der Atome, aus denen sich der Stern zusammensetzt, als schmale dunkle Linien im Diagramm. Diese Linien entstehen wenn die Atome Licht mit charakteristischen Wellenlängen absorbieren. Welche Atome Licht mit welcher Wellenlänge absorbieren können ist durch den Aufbau der Atome genau festgelegt. Dadurch ist es möglich aus den Spektrallinien des Lichts auf den Aufbau und auch die Temperatur des Sterns zu schließen.

Diese Muster der Spektrallinien sind eng mit der Temperatur der Sterne gekoppelt. Aus den Spektrallinien wurden dann die Spektralklassen abgeleitet. Am Anfang wurde nur zwischen einigen bestimmten Spektralklassen unterschieden (sieben), die mit einem Buchstaben bezeichnet werden, aber mit fortschreitender Verfeinerung der Instrumente und des Verständnisses der stellaren Vorgänge wurde es nötig neue Klassen einzuführen. Die sieben Hauptklassen reichen von O, den heißesten Sternen, bis zu M, den kühlssten Sternen. Es gibt einen ganzen Haufen an Merksprüchen für die Reihenfolge von heiß nach kalt, einer davon lautet:

"O Be A Fine Girl And Kiss Me".

Diese Hauptklassen werden noch durch eine nachgestellte Zahl von 0 bis 9 weiter unterteilt. Dabei gilt, je höher die Nummer ist, desto kühler ist der Stern in seiner Klasse. So ist zum Beispiel ein M9 Stern der kühlsste Stern innerhalb dieses Klassifikationsschemas.

Typ	Farbe	Ungefähre Temperatur
O	Blau	> 30,000 K
B	Blau bis Weiß	11,000 - 30,000 K
A	Weiß	7,500 - 11,000
F	Weiß bis Gelb	6,000 - 7,500
G	Gelb	5,000 - 6,000
K	Gelb bis Orange	3,500 - 5,000
M	Rot	< 3,500

Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD)

Als Hertzsprung und Russell die Daten von vielen Sternen in ein Diagramm eintrugen, das ihre Leuchtkraft (d.h. absolute visuelle Größe) über ihrer Temperatur respektive Spektralklasse darstellt, fanden sie heraus, dass die Sterne im Diagramm nicht gleichmäßig verteilt waren. Ungefähr 90 Prozent der Sterne liegen auf einer Linie, die sich in einer leichten S-Kurve von der oberen linken in die rechte untere Ecke durch das HRD zieht. Diese Linie wird als Hauptreihe bezeichnet und die in ihr enthaltenen Sterne als Hauptreihensterne. Die Sterne, die oberhalb der Hauptreihe liegen, werden als Riesensterne bezeichnet und sie gliedern sich in mehrere Äste auf, die von der Hauptreihe abzweigen. Es handelt sich um relativ kühle Sterne, die jedoch einen großen Durchmesser und dadurch eine größere Leuchtkraft haben (Rote Riesen).

Es gibt nur sehr wenige Sterne die unterhalb der Hauptreihe liegen, diese Sterne werden als weiße Zwerge bezeichnet.

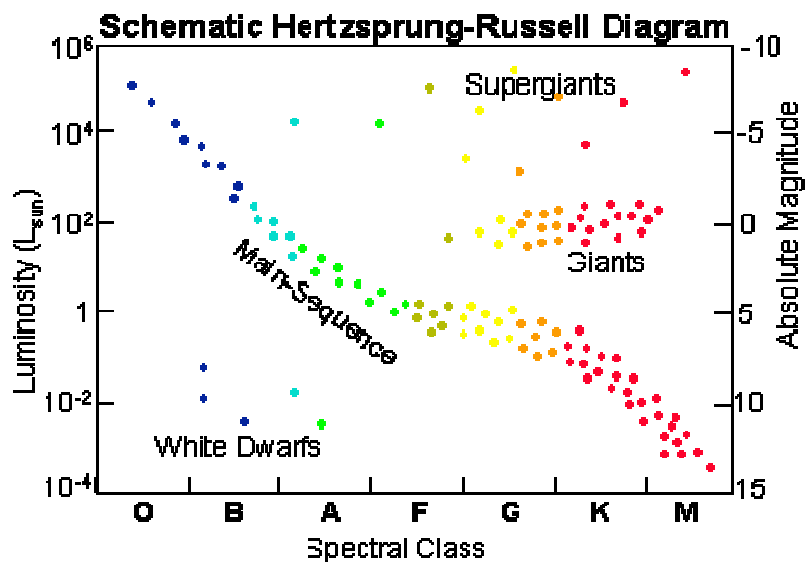


Abb. 2: HRD (aus Astronomy 101/103, Terry Herter, Cornell University)

Leuchtkraft Klassen

Leuchtkraft ist die gesamte Energie, die ein Stern pro Sekunde abstrahlt. Eine Leuchtkraftklasse wird durch eine römische Zahl dargestellt, bei Riesensternen unter Umständen noch mit einem Buchstaben oder einer Buchstaben-Zahl-Kombination erweitert. Diese Leuchtkraftklasse wird an die Spektralklassenbezeichnung angehängt. Die Klassen hängen mit dem Alter und der Größe der Sterne zusammen: Große Sterne sind heller, auch wenn alle anderen Parameter (Spektralklasse, Entfernung, etc.) gleich sind.

Es gibt sechs Hauptklassen für die Leuchtkraft, sieben wenn die weißen Zwerge hinzugenommen werden. Im Falle der Riesensterne findet noch eine feinere Unterteilung statt.

Es ist möglich ein HRD nur mit der Leuchtkraft über der Spektralklasse zu erstellen (siehe Abb. 3). Man kann daraus erkennen, dass alle Hauptreihensterne der Leuchtkraftklasse V angehören. Leuchtstärkere Sterne haben eine niedrigere römische Zahl, als leuchtschwächere.

Falls keine Leuchtkraftklasse angegeben wird, wird Celestia den Stern automatisch als Hauptreihenstern einordnen und erstellen.

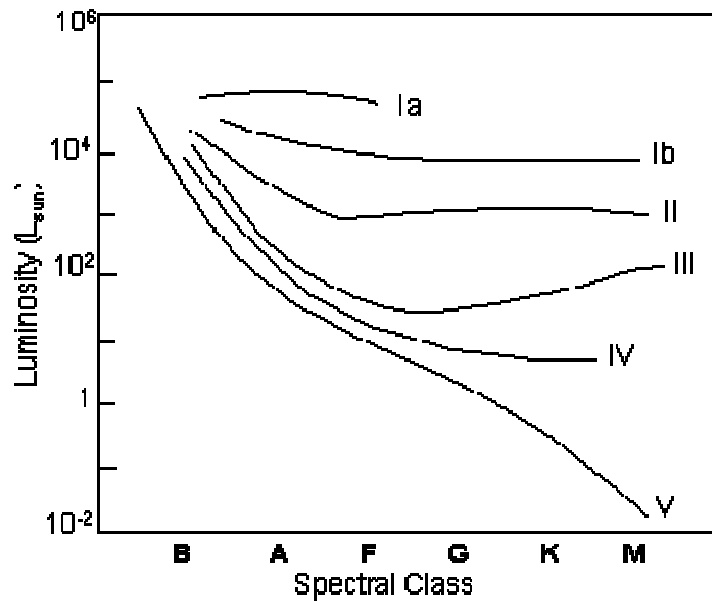


Abb. 3: Luminosity classes (Astronomy 101/103, Terry Herter, Cornell University)

Leuchtkraftklasse	Sterngröße
Ia-0	Extrem leuchtstarke Superriesen (Über-Überriesen)
Ia	Leuchtstarke Superriesen
Ib	Leuchtschwächere Superriesen
II	Helle Riesen
III	Normale Riesensterne
IV	Unterriesen
V	Hauptreihensterne (Zwerge)
VI, sd	Unterzwerge
D	Weißer Zwerge (besitzen eine eigene Spektralklasse in Celestia)

Seltene und ungewöhnliche Spektralklassen

Folgende seltene und ungewöhnliche Spektralklassen werden von Celestia erkannt und dargestellt.

- L:** Sterne die nicht genug Masse besitzen um den normalen Wasserstoffusionsprozess zu benutzen
Temperaturen: 1.500 – 2.000 K
Die Bezeichnung Klasse L Sterne entstammt dem in ihrem Kern vorhandenen Lithium. In normalen Sternen wird jedweddes Lithium durch die stattfinden Kernprozesse zerstört, was andeutet, dass in diesen Objekten mit einem nachweisbaren Lithiumanteil kein Fusionsprozess stattfindet.
Sie haben eine sehr dunkelrote Farbe und strahlen am stärksten im Infrarotbereich. Ihr Gas ist kalt genug um Metallhybride und Alkalimetalle in ihrem Spektrum erkennen zu können.
- T:** T Tauri Sterne, sehr junge Sterne mit einer geringen Dichte
Temperaturen: ~1,000 K
Klasse T Sterne sind sehr junge Sterne mit einer geringen Dichte, die oft in den interstellaren Wolken gefunden werden, in denen sie geboren wurden. Der gravitative Kollaps findet immer noch statt und sie sind gerade groß genug um Sterne zu sein. T Tauri Sterne sind in der Übergangsphase von Protosterne zu Sternen der Hauptreihe. In einem HRD befinden sie sich oberhalb der Hauptreihe.
Sie erscheinen schwarz und emittieren wenig oder gar kein sichtbares Licht, sind aber dafür im Infraroten deutlich zu erkennen. Komplexe Moleküle können sich formen, was durch die starken Methanlinien in ihren Spektren bewiesen wird.
- R:** Früher eine eigene Klasse, die einen Kohlenstoffstern äquivalent zu einem Klasse K Stern darstellt. Wurde mit Klasse N in der neuen Klasse C zusammengefasst.
Sehr selten
- N:** Früher eine eigene Klasse, die einen Kohlenstoffstern äquivalent zu einem Klasse M Stern darstellt. Wurde mit Klasse R in der neuen Klasse C zusammengefasst.

Klasse R und N Sterne sind Riesensterne die wie G und M Sterne aussehen, aber deutliche stärkere Spektrallinien von Kohlenstoffverbindungen aufweisen. Sie werden deshalb sehr oft als "Kohlenstoffsterne" bezeichnet. Die Anwesenheit von Kohlenstoffverbindungen in diesen Sternen tendiert dazu, den blauen Teil des Spektrums zu absorbieren, was den Riesen vom R und N Typ eine kennzeichnende rote Farbe verleiht. R Sterne haben eine heißere Oberfläche, die ansonsten sehr denen eines Klasse K Sterns ähnelt.

Die beiden Klassen wurden vor einiger Zeit in der neuen Kohlenstoffklasse C vereint.

- S:** Sterne, die sich zwischen normalen M Klasse Sternen und den Kohlenstoffsternen befinden, aber Zirkonoxid statt Titanoxid enthalten.
S Typ Sterne enthalten schwerere Elemente wie Zirkon, Yttrium und Barium anstelle der für die Riesen vom M Typ üblichen Elemente wie Titan, Scandium und Vanadiumoxide.
Ein deutlicher Teil aller S Typ Sterne ist variabel.
- C:** Kohlenstoffsterne, die meisten Eigenschaften decken sich mit denen von späten G, K und M Sternen, die Unterschiede zu diesen liegen in einer anderen Zusammensetzung begründet. Sterne vom Typ C enthalten üblicherweise einen ungewöhnlich hohen Anteil von Kohlenstoff. Sterne dieses Typs sind normalerweise Variable Sterne mit langen Perioden.
Die früheren eigenständigen Typen R und N wurden in einen gemeinsamen C Typ überführt. R Typ Sterne sind das Kohlenstoffäquivalent von K Sternen und N die von M Sternen.

Harvard Typ	Keenan & Morgan Typ	Äquivalente normale Sterne
	C0	G4 – G6
R0	C1	G7 – G8
	C2	G9 – K0
R3	C3	K1 – K2
R5		
	C4	K3 – K4
R8	C5	K5 – M0
	C6	M1 – M2
Na		
Nb	C7	M3 – M4
	C8	
Nc		
	C9	

Die Tabelle zeigt die ungefähre Äquivalenz zwischen Kohlenstoffsternen (Harvard und Keenan & Morgan Klassifikationen) und den normalen Hauptreihensternen.

- W:** Die Hauptklasse W repräsentiert die extrem leuchtstarken Wolf-Rayet Sterne, die sich von normalen Sternen deutlich unterscheiden, da sie zum größten Teil aus Helium statt Wasserstoff bestehen.
Temperaturen: bis zu 70.000 K
Es wird angenommen, dass es sich bei ihnen um sterbende Superriesen handelt, die ihre Wasserstoffschicht durch heiße stellare Winde, die durch ihre hohe Temperatur verursacht werden, davon geblasen und dadurch ihren heißen Heliumkern bloßgelegt haben.
Wolf-Rayet Sterne ähneln den Typ O Sternen, sie haben jedoch breite Emissionslinien von Wasserstoff und ionisiertem Helium, Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff mit nur sehr wenigen Absorptionslinien in diesen Bereichen. Die aktuelle Theorie ist der Ansicht, dass diese Sterne in binären Systemen existieren, wobei der Begleitstern die äußeren Schichten des Wolf-Rayet Stern weggerissen hat.

Unterklassen:

WC: Der heißeste und leuchtschwächste Typ; die ältesten (am weitesten entwickelten) Sterne der W-R Reihe
Wasserstoff ist vollständig abwesend, der Anteil von Kohlenstoff an der Oberfläche beträgt ungefähr 40 Prozent, Sauerstoff ragt heraus, kein Stickstoffanteil, am wenigsten massiv

WN: Die kühlpsten und leuchtstärksten der Wolf-Rayet Sterne
Am massivsten, großer Durchmesser; die jüngsten (am wenigsten entwickelten) Sterne der Reihe; es wird vermutet, dass sie sich aus einem brennenden Heliumkern und einer brennenden Wasserstoffschicht zusammensetzen

D: Weiße Zwerge; Weiße Zwerge sind die abkühlenden nackten Kerne der am weitesten entwickelten Sterne, die bereits die meisten fusionierbaren Elemente verbraucht haben, und einem gravitativen Kollaps unterlegen sind. Keiner ist hell genug um mit dem bloßen Auge beobachtet werden zu können.
Weiße Zwerge können nicht mit normalen Regeln klassifiziert werden. Zum Beispiel sind massivere Weiße Zwerge normalerweise weniger leuchtstark, da ihre höhere Gravitation den Stern stärker zusammendrückt und dadurch die abstrahlende Oberfläche verringert. Die Farbe hängt auch nicht mit der Temperatur zusammen, da jeder Typ über die ganze Temperaturbandbreite vom frühen O-Typ bis zu M-Typ Äquivalent vertreten ist.
Die weißen Zwerge können nicht weiter zu Neutronensternen zusammenstürzen, da sie dazu nicht genügend Masse haben.

Unterklassen:

DA: Weißer Zwerg A (Balmer Linien, kein Helium I oder Metalle); Temperatur zwischen 37.500 and 100.000 K

DB: Weißer Zwerg B (Helium I Linien, kein Wasserstoff oder Metalle)

DC: Weißer Zwerg C, kontinuierliches Spektrum; Temperatur 5.500 K

DO: Weißer Zwerg O, Helium II stark, Helium I oder H; Temperatur 70.000 K

DQ: Weißer Zwerg Q, Kohlenstoffeigenschaften

DX: Weißer Zwerg X, unbekannte Eigenschaften; Temperatur 10.000 K

DZ: Weißer Zwerg Z, nur Metalllinien, kein H oder He; Temperatur 8.500 K

Q: Neutronenstern; Neutronensterne sind wie Weiße Zwerge Endpunkte in der stellaren Entwicklung. Die Masse des ursprünglichen Sterns ist groß genug, um den Widerstand der Elektronen gegen die Kontraktion zu überwinden und Protonen und Elektronen zu Neutronen kollabieren zu lassen.
Der Stern hat einen Neutronenkern mit Dichten von ca. 10^{14} g/cm³. Der Radius liegt im Bereich von 8 bis 20 km. Sehr kurze Rotationsperioden im Bereich von Millisekunden bis zu einigen Sekunden.

X: Schwarzes Loch, es ist allerdings nicht unbedingt zu empfehlen diese Klasse zu verwenden, da Celestia einen unendlichen Radius annimmt, was im Weiteren leicht zu unvorhersehbarem Verhalten des Programms führen kann.

Absolute Helligkeit oder Scheinbare Helligkeit

AbsMag = Die **Absolute Helligkeit (M)** eines Sterns ist ein Maß für die Helligkeit, die dieser Stern in einer standardisierten Entfernung von der Erde haben würde. Sie erlaubt es die Gesamthelligkeiten verschiedener Objekte, unabhängig von ihrer realen Entfernung, zu vergleichen. In der stellaren Astronomie beträgt die Standardentfernung 10 Parsec (was in etwa 32,616 Lichtjahren entspricht). Die absolute Helligkeit eines Sterns ändert sich nicht mit der Entfernung.

AppMag = Die **scheinbare Helligkeit (m)** eines Sterns ist ein Maß für seine scheinbare Leuchtstärke, wie sie von der Erde aus erkennbar ist. Das heißt die Lichtmenge, die wir von diesem Stern oder auch jedem anderen Objekt am Himmel erhalten. Je näher man einem Stern kommt, desto größer wird seine scheinbare Helligkeit (m).

Es ist **nur eines** der beiden Schlüsselwörter für einen Stern **nötig**. Beide Schlüsselwörter können gleichberechtigt benutzt werden um einen Stern zu beschreiben, aber seien Sie sich sicher, welchen Wert Sie mit welchem Schlüsselwort benutzen. Ansonsten können Sie Sterne erhalten, die entweder viel zu hell oder dunkel sind.

Negative Werte von Helligkeit kennzeichnen leuchtstärkere Sterne, während leuchtschwächeren Sternen positiven Werte zugewiesen werden. Je dunkler ein Objekt ist, desto größer ist der Wert seiner scheinbaren Helligkeit. Es ist allerdings zu beachten, dass die scheinbare Leuchtstärke nicht mit der tatsächlichen Leuchtstärke gleichzusetzen ist – ein extrem helles Objekt kann durchaus dunkel erscheinen, wenn es weit entfernt ist. Zu beachten ist außerdem, dass die Größenordnungsskala logarithmisch aufgebaut ist. Der Grund dafür liegt darin, dass das menschliche Auge ebenfalls logarithmisch auf Helligkeitsänderungen reagiert.

Das moderne System der Größenordnungen weist sehr hellen Objekten negative Werte zu. Zum Beispiel Sirius, der hellste Stern am Nachthimmel, hat eine scheinbare Helligkeit von $-1,44$ bis $-1,46$. Die moderne Skala beinhaltet auch den Mond und die Sonne; der Mond hat eine scheinbare Helligkeit von $-12,6$ und die Sonne von $-26,7$. Das Hubble und das Keck Teleskop haben Sterne mit einer scheinbaren Helligkeit von $+30$ entdeckt.

Die Absolute und die scheinbare Helligkeit, sowie die wahren Entfernungen zu einem Stern (d in Parsecs) hängen wie folgt zusammen.

$$M = m - 5 \log (d/10)$$

$$m = M + 5 \log (d/10)$$

Viele Sterne, die mit dem bloßen Auge sichtbar sind, haben eine Absolute Helligkeit, die in Lage wäre aus einer Entfernung von 10 Parsecs Schatten zu werfen. Rigel ($-7,0$), Deneb ($-7,2$), Naos ($-7,3$) und Beteigeuze ($-5,6$).

Eine grobe Absolute Helligkeit für einen gegebenen Stern kann aus dem Hertzsprung-Russell-Diagramm abgelesen werden. Aus dieser Angabe und aus der Entfernung in der der Stern platziert werden soll können Sie eine ungefähre scheinbare Helligkeit für Ihren Stern errechnen, so dass er nicht zu hell oder zu dunkel erscheint.

Beispiel: Rigel = SpectralType "B8 I-a"
 Distance 772.91
 AbsMag -7.0

Oder SpectralType "B8 I-a"
 Distance 772.91
 AppMag -0.126

Aber verwenden Sie **nicht** beide Helligkeitsangaben gleichzeitig für einen Stern!
Nun gut, in Celestia werden Sie einen etwas abweichenden Wert für die scheinbare Helligkeit finden, da das Programm einen anderen Wert für die Absolute Helligkeit verwendet. Aber Sie haben das Prinzip verstanden, nicht wahr?

Radius

Radius (optional) = erlaubt es Ihnen den festgelegten (realen) Radius dieses Sterns auf einen beliebigen Wert zu setzen. Die Angabe erfolgt in Kilometern.

Beispiel: Radius 1500000

Dies erstellt einen Stern mit einem Durchmesser von 3 Millionen Kilometern.

EllipticalOrbit

Der Orbit eines Sterns oder Massenmittelpunkts wird durch die Verwendung der gleichen Orbitdefinitionen (**EllipticalOrbit**) wie in den SSC Dateien spezifiziert. Dieser elliptische Orbit ist relativ zu der Objektposition, die entweder durch die Angabe von **RA**, **Dec** und **Distance** oder durch ein **OrbitBarycenter** Kommando spezifiziert wird.

Alle Definitionen und Bilder in diesem Kapitel wurden aus dem Handbuch für .SSC-Dateien von Ulrich Dickmann entnommen und nur leicht modifiziert und gekürzt. Falls weitere Erklärungen nötig sind, so lesen Sie diese bitte in dem angegebenen Handbuch nach.

EllipticalOrbit = Spezifiziert die Umlaufbahn (Bahnelemente) eines Objektes. Auch dieses Element verfügt über eine Reihe von Argumenten, die weiter unten beschrieben werden. Beachten Sie, dass diese Argumente zwischen geschweiften Klammern eingebunden werden **müssen**!

```
EllipticalOrbit
{
    Period           0.6152
    SemiMajorAxis    0.7233
    Eccentricity      0.0068
    Inclination       3.3947
    AscendingNode     76.681
    LongOfPericenter  131.533 (auch: ArgofPericenter)
    MeanLongitude     181.979 (auch: MeanAnomaly)
    Epoch
}
```

Für die meisten von uns dürften die orbitalen Elemente ein Geheimnis sein. Das liegt zuerst einmal daran, dass viele Menschen (einschließlich mir) Schwierigkeiten haben, wirklich in drei Dimensionen zu denken. Hinzu kommt, dass die alten Astronomen den an sich einfachen Werten und den damit verbundenen Zusammenhängen so schreckliche Namen gegeben haben. Um die ganze Angelegenheit noch undurchsichtiger zu machen, werden oft auch noch unterschiedliche Bezeichnungen für identische Elemente und Zusammenhänge verwendet. Das verwendete Vokabular ist der schwierigste Teil der Himmelsmechanik.

Period = Definiert den Zeitraum, den das Objekt benötigt, um sein übergeordnetes Objekt (Stern oder Massenmittelpunkt) einmal zu umrunden. Der Zeitraum wird bei Sternen in Jahren angegeben. Das **Period**-Argument **muss** zwingend angegeben werden!

SemiMajorAxis = Definiert die große Halbachse der Objektumlaufbahn. Anders gesagt, ist damit die größte Entfernung zwischen einem Himmelsobjekt und seinem umkreisenden Begleiter gemeint. Das Element wird für Planeten und nun auch für einander umkreisende Sterne in Astronomischen Einheiten (1 AE entspricht etwa 150 Millionen Kilometer) angegeben. Das **SemiMajorAxis** Argument **muss** definiert werden.



In der Grafik verläuft die große Halbachse vom Objektmittelpunkt zu dem mit „A“ (für Apogäum = Erdferne) bezeichneten Punkt (unten links). Der Orbit ist in der Grafik allerdings kreisrund, so dass der mit „P“ (für Perigäum) bezeichnete Punkt genauso weit vom Zentrum entfernt ist.

Bei elliptischen Bahnen ist die große Halbachse (**SemiMajorAxis**) immer die längere Linie (also jene, die zum Apogäum führt).

Eccentricity = Definiert die Kreisförmigkeit (Exzentrizität) der Objektumlaufbahn. Gültige Werte liegen zwischen 0 (Null) und 1. Eine perfekt runde Umlaufbahn hätte den Wert 0 (Null), eine völlig exzentrische Umlaufbahn hätte den Wert 1. Dieses Argument ist optional, sollte jedoch aus Gründen der genauen (und realistischen) Darstellung der Umlaufbahn grundsätzlich verwendet werden.

Dieses Argument ist recht einfach erklärt. Im Kepler'schen Modell beschreibt die Umlaufbahn eines Satelliten eine Ellipse. Die Exzentrizität bestimmt nun die „Form“ dieser Ellipse. Liegt die Exzentrizität nahe 1, ist die Ellipse sehr lang und schmal.

Inclination = Definiert die Neigung der Umlaufbahn gegenüber dem Objektäquator. Dieses Argument ist optional, sollte jedoch aus Gründen der realistischen Darstellung der Umlaufbahn verwendet werden.



Die orbitale Ellipse liegt auf einer (gedachten) Fläche, die man als Bahnebene kennt. Diese Orbitalfläche verläuft immer durch das Zentrum der Erde und kann in einem beliebigen Winkel gegenüber dem Äquator gekippt sein.

Die Inklination bestimmt dabei der Winkel zwischen der Bahnebene (rot) und der Äquatorfläche (Bezugsfläche, blau). In der Grafik ist dieser Winkel mit „i“ gekennzeichnet.

Dieser Winkel (Inklination) liegt zwischen 0 und 180°.

Das bedeutet, dass ein Satellit mit einer Inklination nahe 0° immer über dem Äquator kreist (=äquatoriale Umlaufbahn). Bei einer Inklination von 90° spricht man von einer polaren Umlaufbahn, denn der Satellit überquert bei seinen Umrundungen stets den Nord- und Südpol. Den Schnittpunkt von äquatorialen und polarer Umlaufbahnen nennt man Knotenlinie bzw. Knotenpunkt (siehe dazu auch [AscendingNode](#)).

AscendingNode = Definiert den aufsteigenden Knoten des Nullpunktes in Grad. Der steigende Nullpunkt ist der Koinzidenzpunkt der Umlaufbahn mit der Fläche des Äquators, wenn z.B. ein Satellit von der südlichen Hemisphäre in Richtung zur Nordhemisphäre fliegt. Oder anders gesagt: Der aufsteigende Knoten (ascending node) liegt dort, wo der Orbit (eines Planeten oder Mondes), die Ekliptik kreuzt. Er bestimmt die Lage der Mittellinie der Nullpunkte im Hinblick auf die Richtung des Referenzpunktes (z.B. des Frühlingspunktes).

Entzerren wir also mal diese ganzen Zusammenhänge ein wenig:

Die Lage der Orbitfläche (s.o.) wird durch zwei Werte bestimmt. Den ersten Wert haben wir bereits als Inklination kennen gelernt, der die Winkelneigung der Orbitfläche festlegt (jedoch nicht, wo diese Neigung auftritt). Denn nachdem die Inklination festgelegt wurde, gibt es weiterhin eine schier endlose Anzahl von möglichen Orbitflächen, denn die Linien der Nullpunkte können überall aus dem Äquator herausstoßen. Erst wenn wir nun genau festlegen, wo genau am Äquator diese Nullpunktlinie (Knotenlinie) herausstößt, haben wir die Lage der Orbitfläche (die genaue Position der Neigungsachse) eindeutig spezifiziert.

Da die Nullpunktlinie von einem Knotenpunkt zum anderen durch das Zentrum der Erde verläuft, stößt sie natürlich an zwei (gegenüberliegenden) Stellen aus dem Äquator heraus. Wir müssen aber nur einen Knotenpunkt (also eine Austrittsstelle der Knotenpunktlinie) festlegen. Die eine Austrittsstelle wird „aufsteigender Knotenpunkt“ (ascending node) genannt (an dem ein von Süden nach Norden fliegender Satellit den Äquator kreuzt). Die andere (gegenüberliegende) Austrittsstelle wird „absteigender Knotenpunkt“ (descending node) genannt (an dem ein von Norden nach Süden fliegender Satellit den Äquator überquert).

In der Astronomie hat man sich darauf verständigt, den aufsteigenden Knoten (ascending node) für die Bestimmung zu verwenden.

Jetzt haben wir aber das Problem, dass sich die Erde dreht, so dass wir zur Festlegung der Nullpunktlinie nicht einfach das geografische Koordinatensystem (Breiten- und Längengrade) verwenden können. Deshalb wird stattdessen ein astronomisches

Wenn wir nun eine Linie vom Perigäum (P) zum Apogäum (A) ziehen, nennt man diese Linie „Apsiden-Linie“ (siehe Grafik oben). Geläufiger ist jedoch meist der Begriff „Hauptachse der Ellipse“. Die „Hauptachse der Ellipse“ ist einfach nur um die längste Linie innerhalb einer Ellipse. In der Grafik verläuft diese Linie von „A“ nach „P“. Diese Hauptachse (der Satelliten-Ellipse) geht nun durch den Mittelpunkt der Erde. Wir haben weiter oben bereits schon mal eine Linie durch den Erdmittelpunkt gezogen; die Knotenlinie (siehe [AscendingNode](#)).



Den Winkel zwischen diesen beiden Linien bezeichnet man als „Argument der Erdnähe“ (Argument Of Perigee). In der Grafik ist dieser Winkel mit „ ω “ gekennzeichnet.

Wo auch immer sich diese beiden Linien schneiden, erhalten wir übrigens zwei sich ergänzende Winkel (Ergänzungswinkel), bestehend aus Ω und ω .

Das Argument der Erdnähe (ArgOfPerigee) ist der Winkel (gemessen im Erdmittelpunkt) vom Knotenpunkt (AscendingNode) zum Perigäum (Perigee).

Nehmen wir ein Beispiel:

Wenn das Argument der Erdnähe = Null ist, tritt die Erdnähe (Perigäum) an der Stelle des Knotenpunktes ein. Das bedeutet, dass der Satellit der Erde am nächsten ist, wenn er über dem Äquator auftaucht bzw. diesen gerade überquert bzw. die Äquatorfläche durchstößt.

Beträgt das Argument der Erdnähe = 180° , tritt die Erdferne (Apogäum) an der Stelle des Knotenpunktes ein. Das bedeutet, dass der Satellit der Erde am fernsten ist, wenn er über dem Äquator auftaucht bzw. diesen gerade überquert.

Zulässige Werte für den Winkel sind 0° bis 360° .

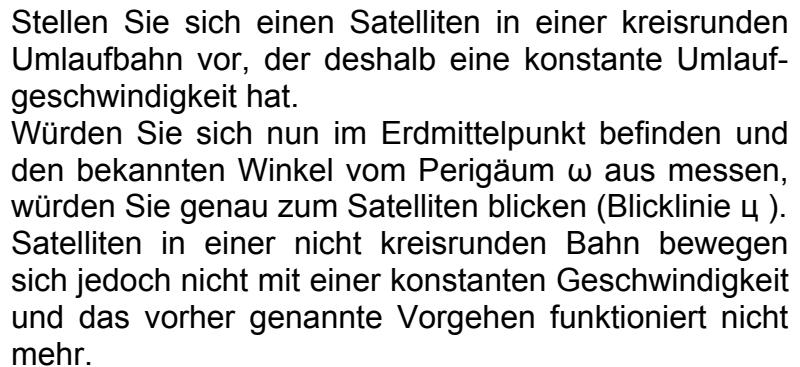
MeanLongitude = Definiert die durchschnittliche Positionsabweichung (Anomalie) eines Objektes in seiner Umlaufbahn um das Objekt.
Alternativ wird auch folgendes Element verwendet:

MeanAnomaly = Bestimmt die Position eines Objektes im Orbit zu der im Element **Epoch** definierten Zeit.

Nachdem wir nun die Größe, die Form und die Ausrichtung der Umlaufbahn mit den weiter oben beschriebenen Celestia-Argumenten erstellt haben, müssen wir nur noch genau festlegen, wo sich der Satellit auf seiner elliptischen Umlaufbahn zu einer bestimmten Zeit gerade befindet.

Die fragliche Zeit wird durch das Argument **Epoch** bestimmt, das weiter unten noch erklärt wird. Der Zeitpunkt ist damit also bereits definiert. Wir müssen also nur noch festlegen, wo sich der Satellit genau zur dieser Zeit auf seiner Ellipsenbahn befindet.

Um dies zu tun, müssen wir zunächst klären, was der astronomische Begriff „Anomalie“ (Anomaly = Abweichung) bedeutet. Sie haben es sich vielleicht denken können: Mal wieder ist ein Winkel gemeint! Die Mittelabweichung (Mean Anomaly) ist einfach ein Winkel, der gleichmäßig in zeitlichen Abständen während einer Umdrehung von 0° nach 360° wandert. Er wird so definiert, dass er bei 0° in Erdnähe ist und bei 180° folglich in Erdferne (Apogäum//Apogee).



SemiAxes

SemiAxes (optional) = Die normalerweise runde Form eines Sterns kann mit dieser optionalen Einstellung modifiziert werden. So können Sie damit zum Beispiel den gravitativen Einfluss eines zweiten, umlaufenden Objekts um einen Stern simulieren. SemiAxes spezifiziert die relativen Dimensionen des stellaren Radius in drei Dimensionen:

Beispiel 1: **SemiAxes** [1 1 0.5]

Beispiel 2: **SemiAxes** [1 0.3 0.3]



Beispiel 1: **SemiAxes** [1 1 0.5]

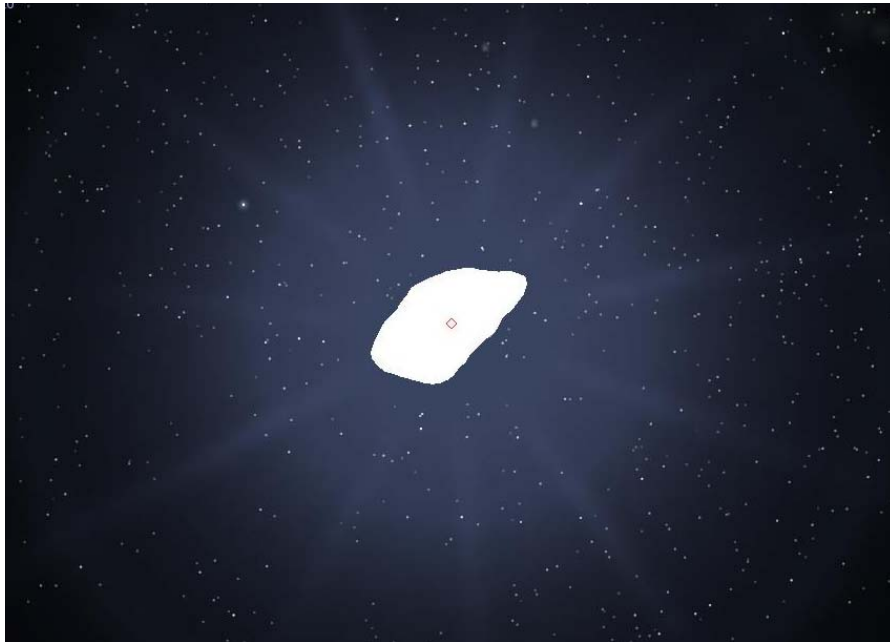


Beispiel 2: **SemiAxes** [1 0.3 0.3] (linkes Bild: Frontansicht, rechts: Seitenansicht)

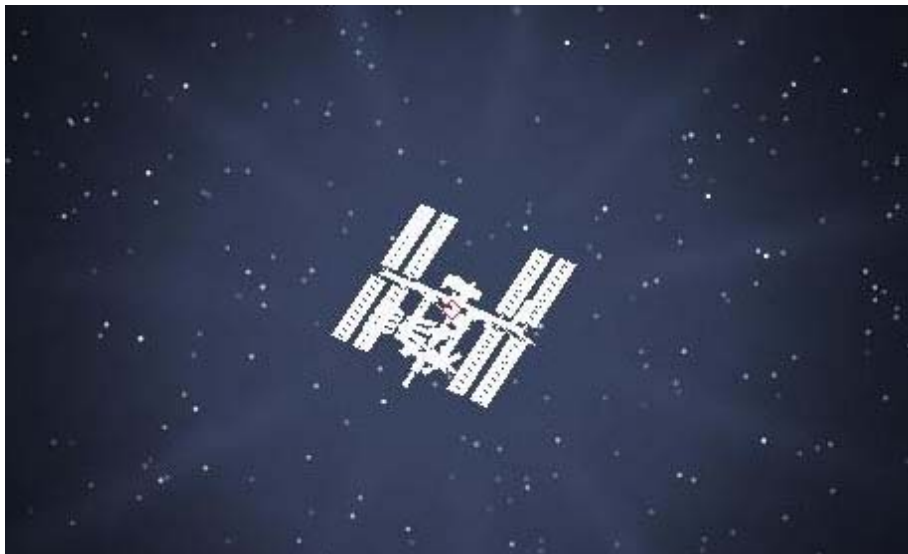
Mesh

Mesh (optional) = Das normalerweise runde Netz eines Sterns kann mit diesem optionalen Kommando durch ein beliebiges anderes Netz ersetzt werden. Dadurch ist es ebenfalls möglich einen Stern wie in den Beispielen oben aussehen zu lassen. Aber es gibt noch weitere, sagen wir "künstlerische", Möglichkeiten. Die Netze können wie bei den SSC-Objekten sowohl .3ds oder .cmod-Dateien sein.

Beispiel: Mesh "MyMesh.3ds"



Ein Stern mit dem Netz von Amalthea



Der einzig wahre ISS Stern!! In diesem Fall wurde das Netz der ISS genutzt.

Texture

Texture = Die Standardtextur eines Sterns (normalerweise durch seinen Spektraltyp vorgegeben) kann durch Verwendung des Kommandos **Texture** ersetzt werden. Aber Sie sollten aufpassen, wenn Sie andere Texturen mit verschiedenen Sterntypen benutzen, da nur die Textur ausgetauscht wird und die Spektralfarbe sich **nicht** ändert! Was geschieht, wenn man dies nicht beachtet zeigt das folgende Bild, mit einem O7V Stern der die Textur eines Braunen Zwergs bekam. Nicht sehr überzeugendes Aussehen, aber das wird eventuell in einer späteren Celestia-version geändert, hoffe ich.



Beispiel: Texture "browndwarf.jpg"

Rotations-Elemente

Die Ausrichtung eines Sterns wird durch die gleichen optionalen Rotations-Element-Deklarationen wie in den SSC-Dateien gesteuert. Diese Erklärungen wurden wieder dem Handbuch für .SSC-Dateien von Ulrich Dickmann entnommen und nur leicht modifiziert.

RotationPeriod (optional) = Definiert die Zeitspanne, die ein Objekt für eine Umdrehung um seine eigene Achse benötigt. Der Wert wird in Stunden angegeben.

Beispiel: **RotationPeriod 480**

Obliquity (optional) = Definiert die Neigung der Rotationsachse in Bezug auf die lokale Referenzfläche. In diesem Fall die Sonnenbahnfläche (Ekliptik). Aber diese Neigung wird immer in der Fläche der lokalen Koordinate 0 gebildet, während Sonnen und Massenmittelpunkte ihre eigenen Achsen haben, die in alle Richtungen gekippt werden können. Mit **Obliquity** wird also nur die Größe der Neigung angegeben, aber noch nicht die Richtung der Neigung, dazu wird noch das Element **EquatorAscendingNode** benötigt.

Die Angabe kann sowohl positive als auch negative Werte haben.

Beispiel: **Obliquity -12.043**

EquatorAscendingNode (optional) = Definiert die Neigungsrichtung eines Objekts in Bezug zu seiner Äquatorfläche. Mit diesem Element wird nun das (mit Hilfe des Elements **Obliquity** um einen gewissen Betrag gekippte) Objekt in dessen Bezugsfläche, ausgehend vom aufsteigenden Knotenpunkt, um den spezifizierten Winkel in Grad gedreht. Damit wird das Objekt also so gedreht, dass seine Rotationsachse korrekt ausgerichtet ist und in die richtige Richtung zeigt.

RotationOffset (optional) = Definiert den Versatz (in Grad) der Rotation des Objekts zu der vorgegebenen Zeit gemäß **Epoch**.

Celestia stellt Objekte mit ihren Hauptmeridianen auf, die mit der lokalen Koordinate 0 zur in **Epoch** festgelegten Zeit ausgerichtet sind. Das hat oftmals zur Folge, dass das Objekt – im Vergleich zur Wirklichkeit – in die falsche Richtung blickt.

Mit **RotationOffset** wird daher bestimmt, um wie viel Grad das Objekt (gegen den Uhrzeigersinn) gedreht werden muss, um es richtig auszurichten.

PrecessionRate (optional) = Definiert die Rate der Präzession (Kreiselbewegung der Achse) in Tagen.

Orientation (optional) = Definiert die Orientierung eines Objekts im universellen Koordinatensystem von Celestia.

Das **Orientation**-Element enthält als Werte folgende Angaben:

Syntax: **Orientation [Winkel x-Achse y-Achse z-Achse]**

Dabei sind Winkelangaben von -360° bis 360° möglich. Die Werte für die Achsen (x, y und z) definieren einen Vektor, der die Mittellinie darstellt, um den das Objekt gedreht wird. Es ist unüblich Werte größer als 1 oder kleiner als -1 für die Achsen einzusetzen. Die Rotation erfolgt im Uhrzeigersinn. Negative Werte drehen die Rotationsrichtung um.

Sinnvoll sind daher folgende Einstellungen für x,y und z (hier: Syntaxdarstellung)

Orientation [Winkel 1 0 0]
(dreht das Objekt um die x-Achse)

Orientation [Winkel 0 1 0]
(dreht das Objekt um die y-Achse)

Orientation [Winkel 0 0 1]
(dreht das Objekt um die z-Achse)

Andere SSC-Parameter werden nicht unterstützt. Insbesondere Bumpmaps, Normalmaps, Nachlichter und Atmosphäre (inklusive Wolken) werden ignoriert. Außerdem werden AltSurface und Ortsangaben nicht unterstützt.

Das war es nun, haben Sie viel Spaß dabei ein ganzes Universum mit Celestia zu erstellen.

Danksagungen

Vielen Dank an Chris für die Implementierung der neuen Eigenschaften von Sternen und vor allem auch an Fridger und die anderen, die die Entwicklung von Celestia vorangetrieben haben, so dass endlich Version 1.4.0 erreicht wurde.

Besonderer Dank geht an Ulrich "Adirondack" Dickmann, dafür, dass ich seine Texte und Erklärungen aus dem SSC-Handbuch übernehmen durfte.

Außerdem danke ich Selden für die Details zu den neuen Funktionen, welche Funktionen unterstützt werden und welche (noch?) nicht.