

Studienfahrt nach Wien vom 14. Juli bis 18. Juli 2011

Am Donnerstag den 14. Juli 2011 haben wir uns um 15 Uhr am Flughafen Düsseldorf getroffen, um unsere Reise nach Wien anzutreten. Gegen 20 Uhr trafen wir in unserem Sommerhotel " Don Bosco " ein, gingen noch zusammen Essen und danach ins Bett.

Unsere erste Station am Freitag war eine Führung in der österreichischen Nationalbibliothek, welche die zentrale wissenschaftliche Bibliothek in Österreich ist. Sie ist in der Wiener Hofburg untergebracht und umfasst einen Bestand von 7,905150 Millionen Dokumenten, wovon ein Anteil von 3 Millionen Dokumenten als Bücher vorhanden sind. Als Nationalbibliothek sammelt



Endlich angekommen

sie unter anderem die Pflichtexemplare aller in Österreich verlegten Druckwerke.



Seit Juli 2000 wurde die Sammlung von Pflichtexemplaren auf elektronische Medien ausgeweitet, welche man im Internet ansehen kann.

Die nächste Station war die Besichtigung der Wiener Sternwarte, bei der wir einen Vortrag von Herrn Dr. Hagel, unserem Physiklehrer, inklusive Führung wahrnehmen durften.

Vortrag am astronomischen Institut der Universität Wien

über

Stabilitätsverhalten von Planetenbahnen in einem Doppelsternsystem

Wien

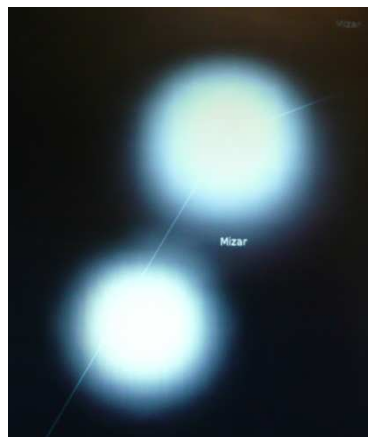
Dr. Johannes Hagel

Problemstellung:

Fixsterne sind Sonnen, wobei dabei sowohl größere als auch kleinere als unsere Heimatsonne vorkommen. In einer Beziehung stellt unsere (ansonsten eher mittelmäßige) Sonne eine Besonderheit dar: Sie ist eine Einzelsonne. Damit gehört sie zu rund 35% der Sterne in unserer näheren Nachbarschaft, für die das der Fall ist. Die restlichen 2/3 der sichtbaren Sterne hingegen sind Mehrfachsternsysteme, in den meisten Fällen Doppelsterne. In diesem Fall umkreisen sich zwei gleich oder auch verschieden schwere Sterne auf mehr oder weniger engen Bahnen.



das Beispiel von Mizar (dritter Stern von Großer Bär), der im zweiten Bild mit starker Vergrößerung abgebildet ist. Er befindet sich in ungefähr Entfernung von der Sonne. Wie man aus sehen kann, handelt es sich in der Tat um ein System. Dieses System umkreist sich mit etwa 1 Jahr und stellt eines der Beispiele eines solchen Systems dar. In dieser Sternanordnung noch ein dritter Stern in großer Entfernung, den man als schwachen Stern im ersten Bild sehen kann. Es handelt sich um den „Augenprüfer-Stern“, der seinen Namen aus einer spartanischen Legende bezieht. Angeblich sei es bei diesem kriegerischen antiken Stamm üblich gewesen, die Sehfähigkeit von Kindern mit Hilfe eben dieses Sternes zu testen. Versagte ein Kind im Alter von 6 Jahren bei dieser Prüfung konnte oder musste es sogar ausgesetzt werden und war seinem eigenen Schicksal überlassen.



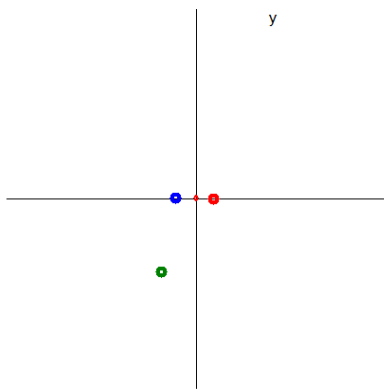
Das erste Bild zeigt links im Sternbild Vergrößerung 80 Lichtjahren dem dritten Bild einen Doppelstern einer Periode von bekanntesten. Übrigens gehört zu Partner in sehr großer Lichtpunkt im ersten

Nun stellt sich folgendes Problem: Angenommen, ein solches System aus zwei Sonnen, das sich ständig umkreist, wird nun von einem dritten Körper, nämlich einem Planeten wie die Erde umkreist. Wird dann der durch Gravitation und Fliehkraft bestimmte Orbit eines solchen Begleiters stabil sein,

das heißt über Milliarden von Jahren in annähernd konstanter Entfernung zu den Zentralkörpern verharren? Dies wäre Voraussetzung für die Entstehung von Leben wie wir es kennen und die Beantwortung der Frage entschiede dann über die prinzipiell mögliche Anzahl bewohnter Planeten im Universum.

2. Die Bewegungsgleichungen

Da sich bei der Bildung von Planetensystemen aus dynamischen Gründen immer alle Bewegungen in einer Ebene (der Ekliptik) abspielen, genügt zur Beschreibung der Bewegungen im Prinzip ein einfaches, zweidimensionales Koordinatensystem zusammen mit den entsprechenden Bewegungsgleichungen. Diese folgen aus dem zweiten Newton'schen Axiom (Kraft = Masse * Beschleunigung) und sind zwei ziemlich komplexe, sogenannte nichtlineare Differentialgleichungen zweiter Ordnung mit expliziter Zeitabhängigkeit. Die Unbekannten sind dabei $x(t)$ und $y(t)$, also die Positionen von x und y als Funktionen der Zeit, also die Zeit Weg Gleichungen des gesamten Problems. Sie geben uns Aufschluss über den Verlauf der Planetenbewegung



In diesem Bild sind der rote und der blaue Punkt die beiden Sterne, die einander umkreisen (in diesem Fall besitzen beide Sterne die halbe Sonnenmasse) und der grüne Punkt ist ein Planet, der die beiden umkreist. Dabei sind die beiden Sonnen voneinander um eine astronomische Einheit (also die Entfernung Erde-Sonne) voneinander entfernt und der fiktive Planet befindet sich in einer Distanz von 1.95 astronomischen Einheiten vom gemeinsamen Schwerpunkt. Die sich aus den Newton'schen Gleichungen ergebenden Gleichungen für x und y sind dann (die zweiten Ableitungen sind bekanntlich die Beschleunigungen):

$$x''(t) + \left[\frac{1-\mu}{r_1^3} + \frac{\mu}{r_2^3} \right] \cdot x(t) = -\mu(1-\mu) \cos t \cdot [r_1^{-3} - r_2^{-3}]$$

$$y''(t) + \left[\frac{1-\mu}{r_1^3} + \frac{\mu}{r_2^3} \right] \cdot y(t) = -\mu(1-\mu) \sin t \cdot [r_1^{-3} - r_2^{-3}]$$

$$\mu = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

$$r_1 = \sqrt{(x + \mu \cos t)^2 + (y + \mu \sin t)^2}$$

$$r_2 = \sqrt{(x - (1-\mu) \cos t)^2 + (y - (1-\mu) \sin t)^2}$$

$x(t)$, $y(t)$ die gesuchten Positionen

$x''(t)$ $y''(t)$... deren zweite Ableitungen

m_1, m_2 Die Massen der Sonnen

t Die Zeit

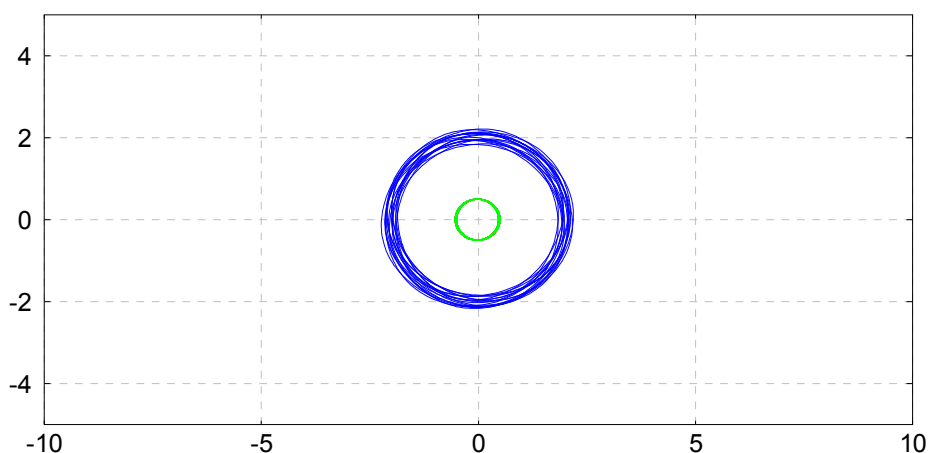
Diese Gleichungen stellen die exakten Formulierungen des sogenannten eingeschränkten Dreikörperproblems dar und sie sind bis heute nicht rigoros lösbar, das heißt es gibt keine den Mathematikern bekannte Methode, diese Gleichungen nach x und y vollständig umzustellen. Man ist bei der Lösung also auf analytische Näherungsverfahren angewiesen bzw. auf numerische Methoden mit Hilfe von Rechnern. In unseren Arbeiten benutzen wir beide Methoden unabhängig voneinander, um eine gegenseitige Kontrolle der beiden Verfahren zu ermöglichen.

3. Numerische Ergebnisse

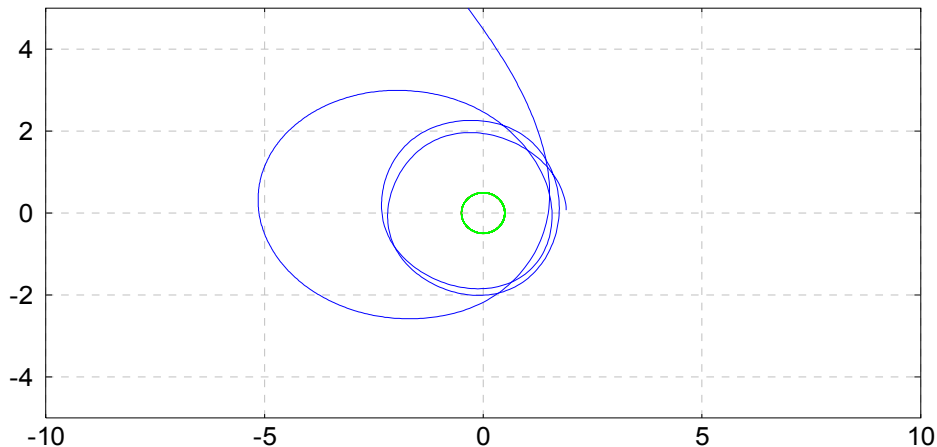
Zum Zweck der computerunterstützten näherungsweise Lösung obiger Bewegungsgleichungen erstellte ich ein Programm (NBODY), mit dessen Hilfe die Bewegungen direkt auf dem Bildschirm dargestellt werden können. Dieses unter Windows 7 lauffähige Programm ergab folgende Ergebnisse:

1. Liegt die Distanz eines Planeten, der ein solches Doppelsternsystem umkreist weiter entfernt, als die 1.95-fache Entfernung der beiden Sonnen zueinander, so bleibt die Bahn stabil.
2. Liegt die Distanz des Planeten näher als die 1.95-fache Entfernung, so wird die Bahn schon nach wenigen Jahren instabil, das heißt der Planet wird von einer der beiden Sonnen aus dem System geschleudert.

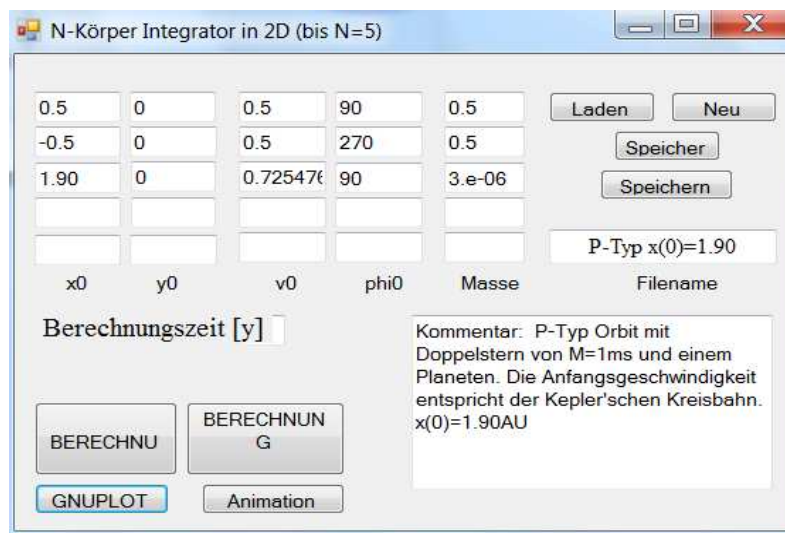
Die folgenden beiden Bilder veranschaulichen den Sachverhalt:



Entfernung 1.95 facher Abstand der Sonnen (stabile Planetenbahn – blau)



Entfernung 1.90 facher Abstand der Sonnen (instabile Planetenbahn – blau)



Steuerprogramm NBODY unter Win-7 (J.Hagel)

4. Analytische Ergebnisse

Da die exakte Lösung der Bewegungsgleichungen nicht möglich ist, muss auf sogenannte analytische Näherungsverfahren (also ungefähre Lösungstechniken) zurückgegriffen werden. Für unsere spezielle Fragestellung wurden diese von meinem Kollegen, Herrn Prof. Dr. Rudolf Dvorak und mir selbst entwickelt und angewandt.

Die Methode besteht darin, die unlösbaren nicht linearen Gleichungen in der Nähe der zu erwartenden Planetenbewegungen zu linearisieren, also sie durch dort gültige, einfachere lineare Gleichungen zu ersetzen. Da die Gleichungen zudem noch explizit zeitabhängig sind, ist es nötig, sie weiter auf theoretisch zu beherrschende lineare Gleichungen zu reduzieren, in diesem Fall auf sogenannte Hill'sche Gleichungssysteme. Erst damit gelingt es, eine Stabilitätstheorie (Floquet'sche Theorie) anzuwenden und damit zu näherungsweisen Aussagen über die Stabilität zu gelangen. Die genau verwendeten Methoden können in Ref.1 und Ref.2 (meine Habilitationsschrift) nachgelesen werden. Tatsächlich ergibt diese theoretische Berechnung dann eine vom numerischen Wert um

nur einige Prozent abweichende Stabilitätsgrenze der Planetenbahn vom 1.8 fachen der Sonnenentfernung.

Somit kann zusammengefasst gesagt werden:

In Doppelsternsystemen können stabile Planetenbahnen existieren, wenn der Planet in einer Entfernung des 1.8 – 1.9 fachen des Abstandes der beiden Sonnen kreist. Wenn die beiden Sonnen von der halben Größe unserer Sonne sind bedeutet dies, dass der Planet nahe genug an den Zentralsternen kreisen kann, sodass ausreichende Wärme auf seiner Oberfläche zur Bildung flüssigen Wassers und somit zur Entstehung von Leben vorhanden sein müsste.

Referenzen:

1. Hagel, J. Dvorak, R. An analytical study of stable planetary orbits in the circular restricted Problem, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 1988
2. Hagel, J. Störungstheorie und Stabilitätsanalyse von nichtlinearen dynamischen Systemen, *Habilitationsschrift zur Erlangung der Lehrbefähigung an europäischen Universitäten*, April 1988



Professor Dvorak führte uns in die Technik der Sternwarte ein.



Ausblick von der Sternwarte



Danach kamen

Daraufhin sind Dvorak, von Gasthaus " haben den

wir in den Genuss, durch den Türkenschanzpark zu schlendern. wir mit dem Wiener Kollegen, Professor Herrn Dr. Hagel zu einem traditionellen "Zum Heurigen Friseur" gefahren und Abend mit schmackhaften Schnitzel und Heurigen gemütlich ausklingen lassen.

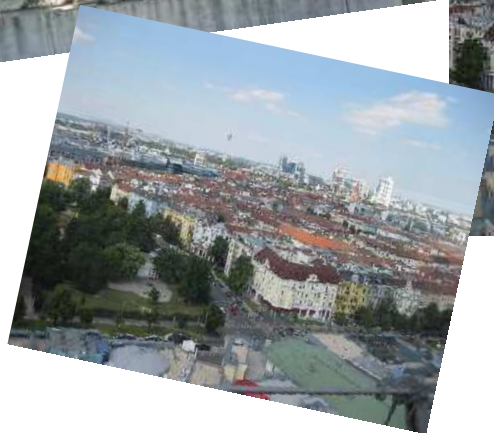


Haben wir unsere Lehrer gelangweilt ?!





Am 16. Juli hatten wir eine Führung an der historischen Universität, welche die größte Universität Österreichs ist und mit rund 88.000 Studierenden auch die größte im deutschsprachigen Raum. 1365 gegründet, ist sie die zweitälteste im ehemaligen Heiligen Römischen Reich. Bei unserer Stadtbesichtigung, welche wir zu Fuß und mithilfe von öffentlichen Verkehrsmitteln durchgeführt haben, sahen wir unter anderem das Rathaus, das Opernhaus, das Café Central, das Parlament, die Wiener Sezession, das Burgtheater, das Hundertwasserhaus, die Karlskirche und besuchten den Prater. Zu jeder dieser Stationen wurde ein selbsterarbeiteter Vortrag von uns Studierenden gehalten. Das Haus der Musik, welches wir am Ende des Tages erkundet haben, wurde im Jahre 2000 eröffnet und ist das erste Klangmuseum der Welt.



Sonntags besuchten wir die Heilige Messe im Stephansdom, welcher seit 1365 Domkirche ist, seit 1469 Kathedrale, und seit 1723 Metropolitankirche des Erzbischof von Wien ist. Der Dom gilt als Wahrzeichen von Wien und wird häufig auch als österreichisches Nationalheiligtum bezeichnet. Durch den heiligen Stephanus hat der Dom seinen Namen, welcher als erster christlicher Märtyrer gilt. Das Bauwerk ist 107m lang und 34 m breit. Der Dom ist eines der wichtigsten gotischen Bauwerke in Österreich. Insgesamt besitzt er vier Türme, der höchste ist 136m hoch. Die Messe wurde durch einen Chor musikalisch begleitet.



In der Mittagszeit besuchten wir das Schloss Schönbrunn und stiegen bis zur Gloriette hinauf. Zwischen 1638 und 1643 wurde Schönbrunn errichtet, aber bei der Türkenbelagerung schwer beschädigt. Erst ab 1743 wurde unter Kaiserin Maria Theresia das Schloss und der Park in seiner heutigen Form um- und ausgebaut. Dieses Schloss gehört zum UNESCO Kulturerbe. Von der Gloriette aus konnte man die goldene Kuppel der Otto Wagner Kirche sehen, weswegen wir kurzfristig beschlossen haben, uns diese auch noch anzusehen. Neben der Sezession ist dieses Bauwerk im Jugendstil gebaut.



An unserem letzten Tag in Wien, Montag den 18. Juli, besuchten wir das Schloss Belvedere und seine wunderbare Gartenanlage. Nach diesem Besuch hatten die Studierenden freie nutzbare Zeit, in der wir uns in dem Museumsquartier aufhielten, welches als Studententreffpunkt bekannt ist. Zudem haben manche noch die Michaelakirche besichtigt. Danach mussten wir leider Aufbrechen, um unsere Heimreise anzutreten.

Wir bedanken uns ganz herzlich für die Ermöglichung und Unterstützung unserer Studienfahrt bei Herrn Dr. Grote sowie bei Herrn Dr. Hagel, welche uns eine schöne sowie informative Zeit ermöglicht haben. Ebenfalls geht unserer ganz besonderer Dank an den Förderverein des Friedrich- Spee Kollegs.



Altar der Michaelakirche