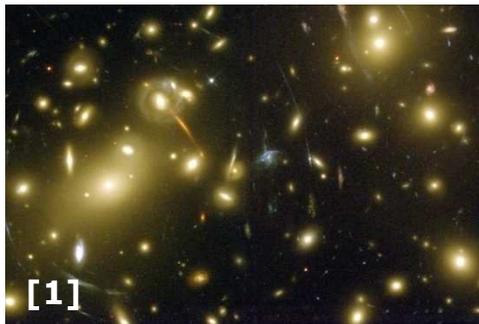




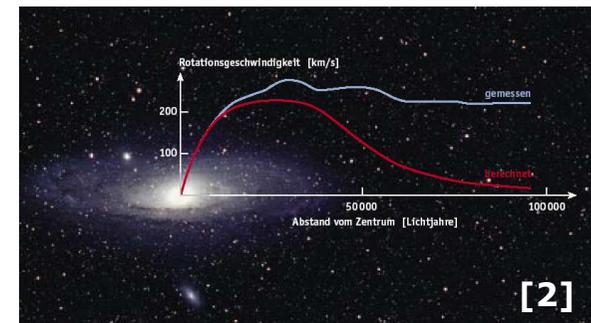
bm:uk



<Dunkle Materie>



Stundenbild
Guided Research
Model



Dr. Christian Reimers
reimers@astro.univie.ac.at
<http://www.virtuelleschule.at/cosmos/>

[1] Gravitationslinse, HST-Beobachtung von Abell 2218
[2] Rotationskurve (beobachtet und theoretisch), SuW 1/2005 S.32ff.

<Dunkle Materie>

- **Allgemeine Informationen**

Das Szenario veranschaulicht eine der Anzeichen für die Existenz von Dunkler Materie. Diese umfasst die Studie der Rotationskurven von Spiralgalaxien.

- **Dauer:** 3 x 50 min.
- **Vokabular:** Dunkle Materie, Galaxien, Rotationkurve
- **Tools und Materialien:** PC mit Internetverbindung, Papier, Arbeitsblätter (excel, Diagramm), Stift
- **Ziele und Zielsetzungen:** die Studierenden sollen ...
 - ... in der Lage sein Daten zu plotten
 - ... die Grundlagen über die Struktur und Entdeckung von Materie lernen
- **Falsche Vorstellungen der Studierenden:**
 - verwirrende Arten von Materie
 - sichtbaren Bereiche/Materie in einer Galaxie dominieren

<Dunkle Materie>

- **Ausbildungsphase 1: Anregung**
 - **Präsentation der Theorie:**
Motivation durch Emotion (Bilder von Galaxien)
(z.B. <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/astropix.html>)



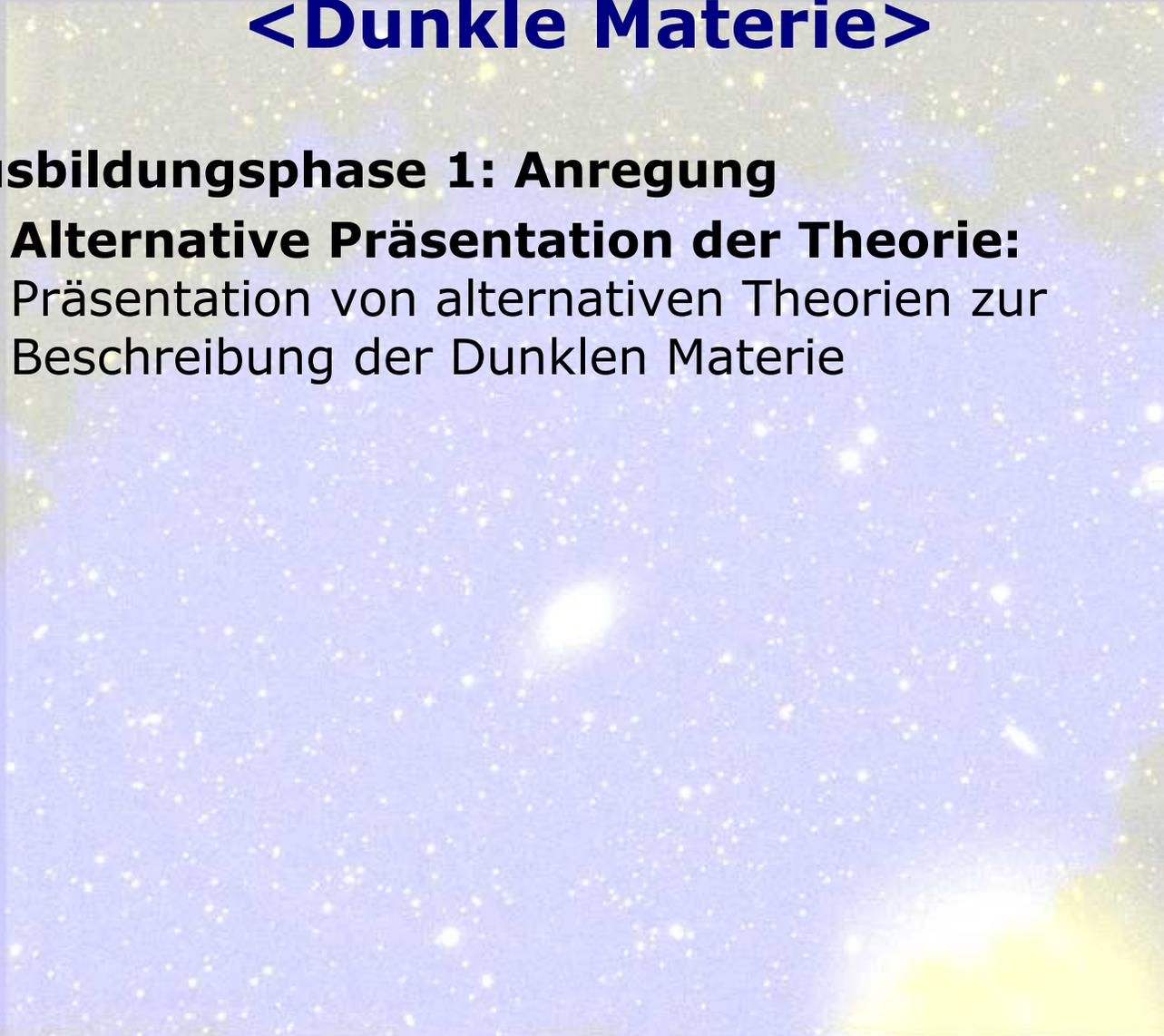
[1] HST-Beobachtung von M51 „Whirlpool Galaxy“



[2] HST-Beobachtung von M104 „Sombrero Galaxy“

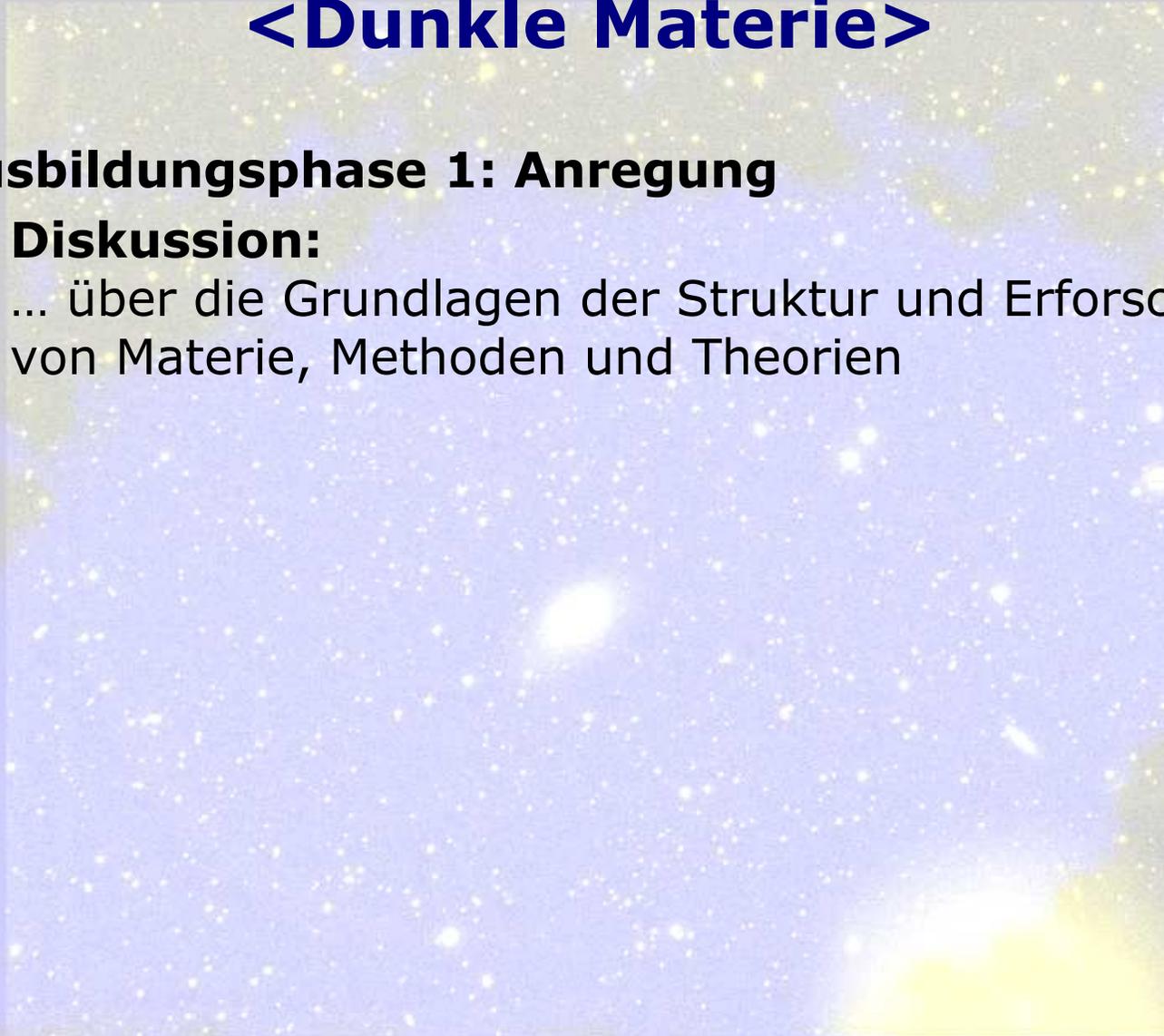
<Dunkle Materie>

- **Ausbildungsphase 1: Anregung**
 - **Alternative Präsentation der Theorie:**
Präsentation von alternativen Theorien zur Beschreibung der Dunklen Materie



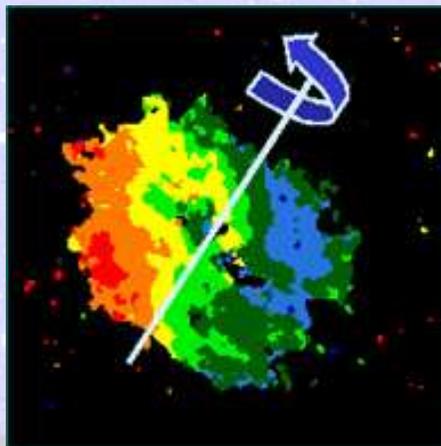
<Dunkle Materie>

- **Ausbildungsphase 1: Anregung**
 - **Diskussion:**
... über die Grundlagen der Struktur und Erforschung von Materie, Methoden und Theorien

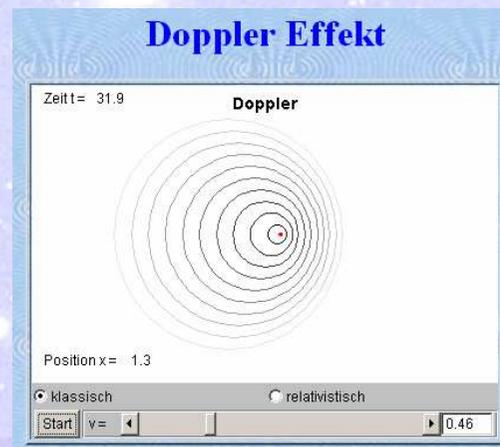


<Dunkle Materie>

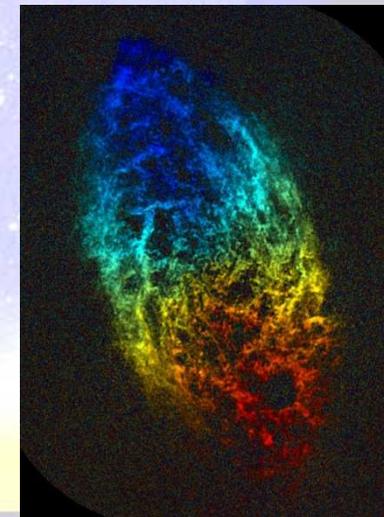
- **Ausbildungsphase 2: Wissenschaftliche Vorhersage**
 - Diskutiere Liste von möglichen Kandidaten für Dunkle Materie und deren Anzeichen in messbaren Größen / indirekter Nachweis
 - Fertige eine Liste verschiedener vorgeschlagener Methoden und Mission zur Entdeckung Dunkler Materie auf der Tafel an
 - Finde Bilder von Galaxien und deren Rotationskurven (Internetsuche)



[1] Illustration der Galaxienrotation (Sextans A)



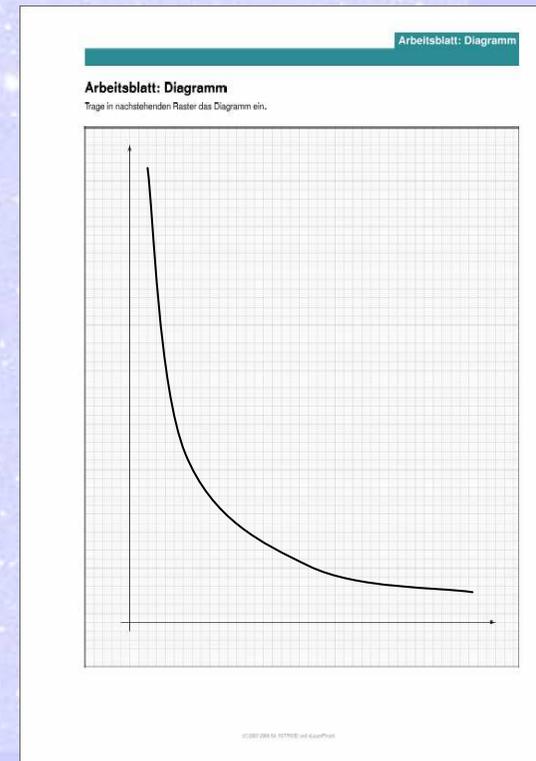
[2] Interaktives Applet zum Doppler-Effekt



[3] Doppler-Aufnahme von M33

<Dunkle Materie>

- **Ausbildungsphase 3: Experimentelle Aktivitäten**
 - **Experiment:**
 - Kepler-Rotation im Sonnensystem (zentrale Punktmasse)
 - Applet mit $M(r) \Rightarrow v(r)$
[in Ausarbeitung]



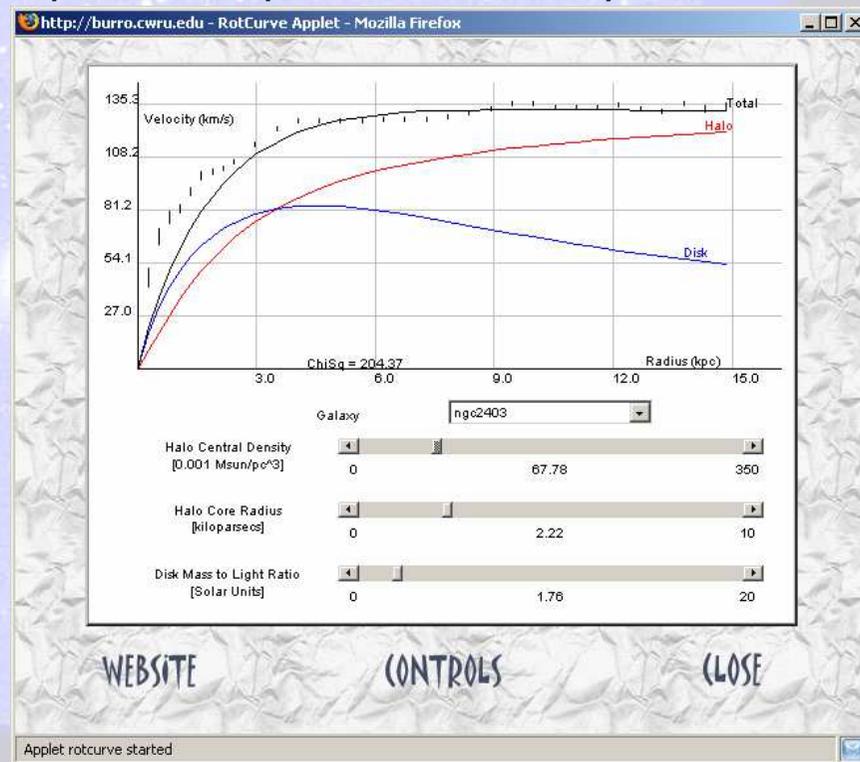
[1] Arbeitsblatt: Kepler-Rotation im Sonnensystem

<Dunkle Materie>

- **Ausbildungsphase 3: Experimentelle Aktivitäten**

- **Measure:**

- RotCurve-Applet von JavaLab
(<http://burro.cwru.edu/JavaLab/RotcurveWeb/main.html>)



[2] „rotcurve“-Applet von realen Galaxien
<http://burro.cwru.edu/JavaLab/RotcurveWeb/main.html>

<Dunkle Materie>

- **Ausbildungsphase 4: Abstraktion der Ergebnisse**
 - **Vergleich der Vorhersage und der Resultate:**

$$v^2(r) = G * (M_{\text{visible}}(r) + M_{\text{dark}}(r)) / r$$

Ist die vorhandene Materie gleich der beobachteten (visuellen) Materie, dann sind die Rotationskurven von Spiralgalaxien nicht zu beschreiben.

$$M_{\text{tot}} > M_{\text{visible}} \Rightarrow M_{\text{dark}} \quad \text{damit} \quad M_{\text{tot}} = M_{\text{visible}} + M_{\text{dark}}$$

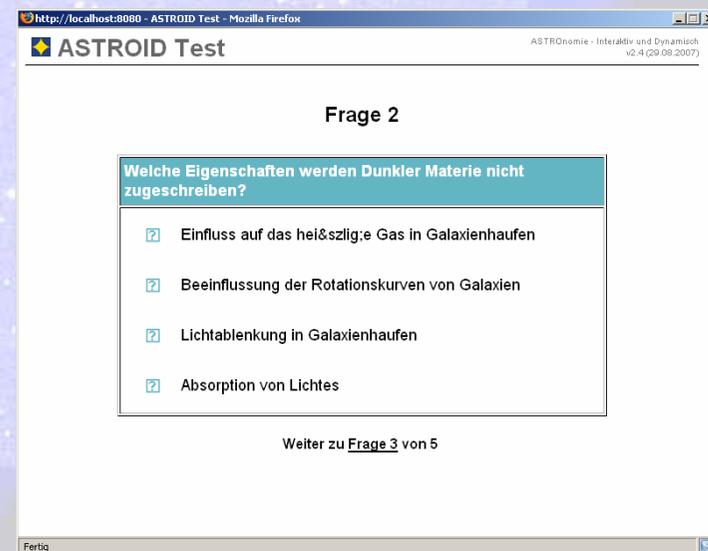
Mithilfe von Anleitungen und Internet-Links.

<Dunkle Materie>

- **Ausbildungsphase 4: Abstraktion der Ergebnisse**
 - **Diskussion:**
Kurze Diskussion über die Entdeckungsmethoden und theoretischen Aspekte von Rotationskurven von Spiralgalaxien.

<Dunkle Materie>

- **Ausbildungsphase 5: Festigung**
 - **Quiz/Multiple-Choice-Test** mit Feedback
 - **Aufgaben/Tätigkeiten:**
 - Vergleiche einfache Berechnungen und selbsterstellte Diagramme mit den erhaltenen Daten
 - Vortrag: Beginn eines Gesprächs aufgrund der Bereitstellung theoretischer Hintergründe und anschließend durchgeführter Internetsuche
 - Diskussion: Paradigmenwechsel bzgl. Materie über die Jahrhunderte



[1] Multiple-Choice-Test (ASTROID)

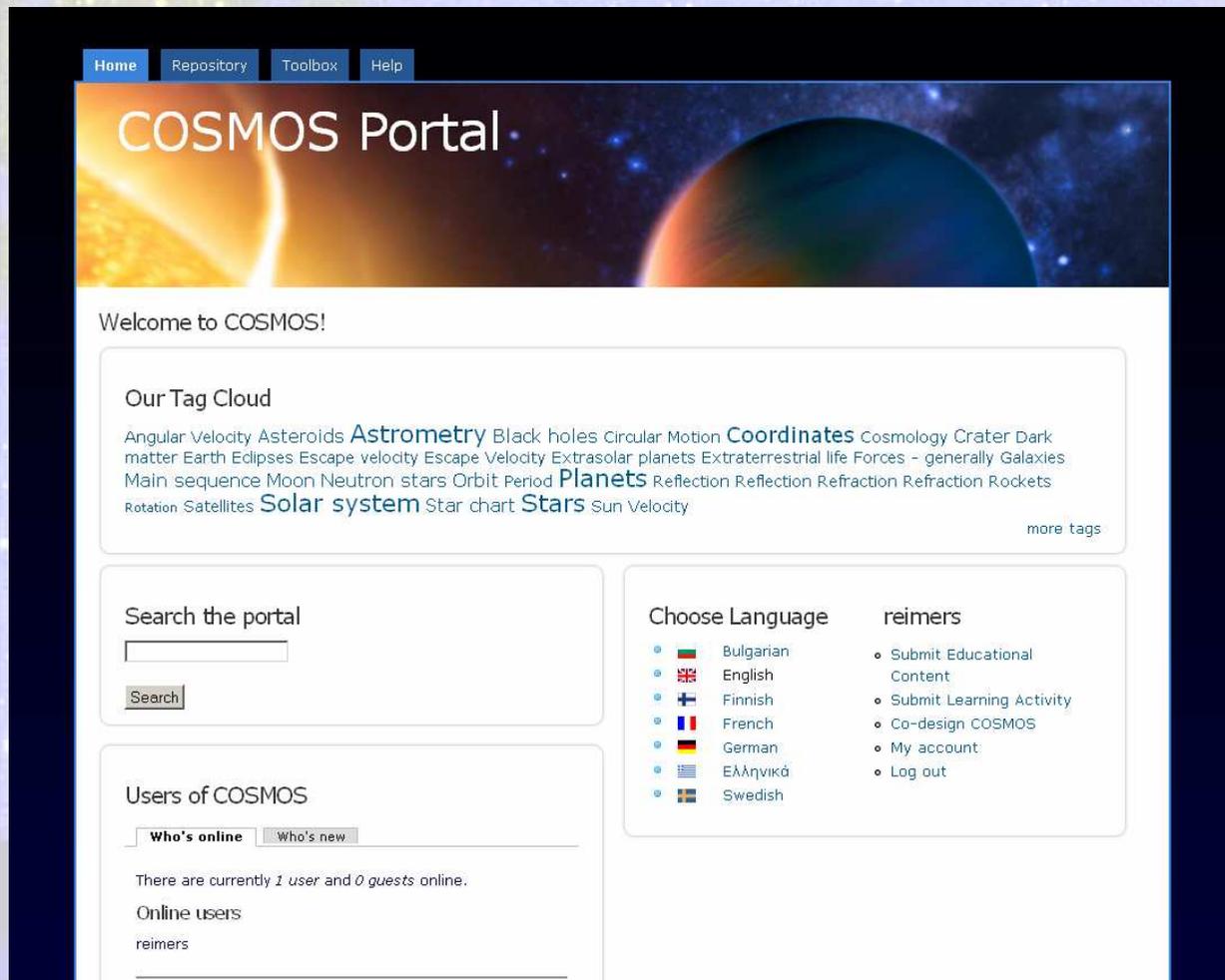
<Dunkle Materie>

- **Datenbank**

- Liste der Umlaufsdaten verschiedener Objekte (Planeten, Zwergplaneten, Asteroiden) im Sonnensystem (Excel-Arbeitsblatt, <http://www.nineplanets.org/>)
- RotCurve-Applet mit Rotationskurven von drei Spiralgalaxien (<http://burro.cwru.edu/JavaLab/RotcurveWeb/main.html>)
- Rotationskurven von Spiralgalaxien (<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/~sofue/RC99/rc99.htm>)

<Dunkle Materie>

- **VLE (Virtuelle Lernumgebung)**
 - COSMOS-Portal (<http://147.102.107.69/cosmos/>)



The screenshot shows the COSMOS Portal website. At the top, there is a navigation bar with links for Home, Repository, Toolbox, and Help. Below this is a large banner image featuring a bright yellow sun on the left and a blue planet on the right, with the text "COSMOS Portal" overlaid. The main content area starts with a "Welcome to COSMOS!" message. Below this is a "Our Tag Cloud" section with various astronomical terms like "Angular Velocity", "Asteroids", "Astrometry", "Black holes", "Circular Motion", "Coordinates", "Cosmology", "Crater", "Dark matter", "Earth", "Eclipses", "Escape velocity", "Escape Velocity", "Extrasolar planets", "Extraterrestrial life", "Forces - generally", "Galaxies", "Main sequence", "Moon", "Neutron stars", "Orbit", "Period", "Planets", "Reflection", "Reflection", "Refraction", "Refraction", "Rockets", "Rotation", "Satellites", "Solar system", "Star chart", "Stars", and "Sun Velocity". A "more tags" link is also present. To the left of the tag cloud is a "Search the portal" section with a search input field and a "Search" button. To the right is a "Choose Language" section with radio buttons for Bulgarian, English, Finnish, French, German, Ελληνικά, and Swedish. Below the language section is a "reimers" section with a list of links: "Submit Educational Content", "Submit Learning Activity", "Co-design COSMOS", "My account", and "Log out". At the bottom left is a "Users of COSMOS" section with tabs for "Who's online" and "Who's new". It shows "There are currently 1 user and 0 guests online." and lists "Online users" as "reimers".

<Dunkle Materie>

- **Ressourcen:**
 - Arbeitsblatt (solar system; xls)
 - Arbeitsblatt (diagram; pdf)
 - Simulation (Rotationskurven; Applet)
 - Glossar (von zugehörigen Ausdrücken; pdf)
 - Beispiele mit Lösungen und Diagrammen (für LehrerInnen; pdf)
 - Informationsblatt (Typen von Materie; pdf)
 - Informationsblatt (mögliche Arten von DM; pdf)
 - Informationsblatt (Internet-Links und weitere infos; pdf)