



Die Milchstraße als Beispielgalaxie

Dynamik (Bewegung der Sterne)

Rotationskurve

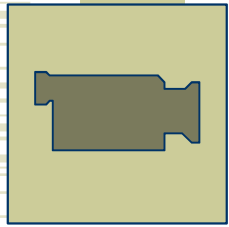
Entstehung der Milchstraße

Begleiter der Milchstraße

Wechselwirkung mit anderen Galaxien

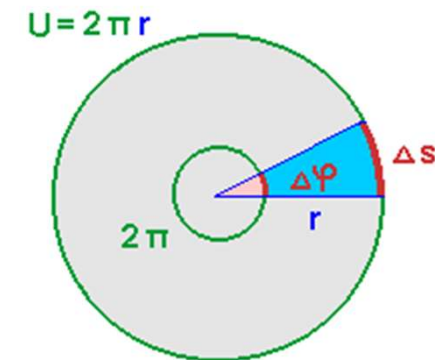
Die Bewegung der galaktischen Scheibe

- ◆ Ausnutzung des **Dopplereffekts** (LB S. 107 f.)
(Begriff, Erklärung, optischer vs. akustischer Dopplereffekt)
- ◆ Aufgabe zum Dopplereffekt (bsv S. 141/5.7)
- ◆ Aufgabe zur Berechnung der Radialgeschwindigkeit einer sich bewegenden Gaswolke nach dem Dopplereffekt → LB S. 154/1b (alt); S. 156 (neu)
- ◆ Bestimmung des Rotationsverhaltens der Galaxis aus den Bewegungen der Sterne und der 21 cm – Radiostrahlung (atomarer Wasserstoff) (Folie A+R 2/2011)



Die Bewegung der galaktischen Scheibe

- ◆ Differentielle Rotation: Die Rotationsgeschwindigkeit hängt von der Entfernung von der Rotationsachse ab \rightarrow die Galaxis rotiert also nicht überall gleich schnell (kein starrer Körper!)
- ◆ Vergleich mit den Ringen einer Zwiebel \rightarrow Jeder Ring besitzt eine andere Rotationsgeschwindigkeit



Rotationskurve der Galaxis

- ◆ Die Rotationskurve einer Galaxie beschreibt den Zusammenhang zwischen ihrer Rotationsgeschwindigkeit und dem Abstand vom Zentrum der Galaxie
- ◆ Erwartung: Keplerrotation, d.h. die Bahngeschwindigkeit sollte mit zunehmendem Abstand zum Zentrum kleiner werden → Ursache? (Folie A+R 1/2012)

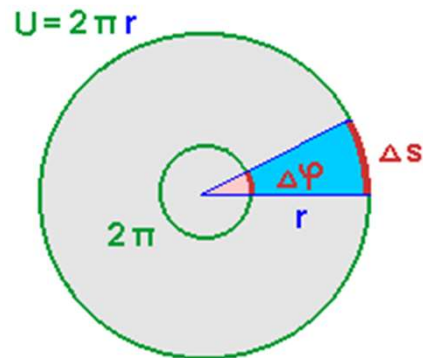
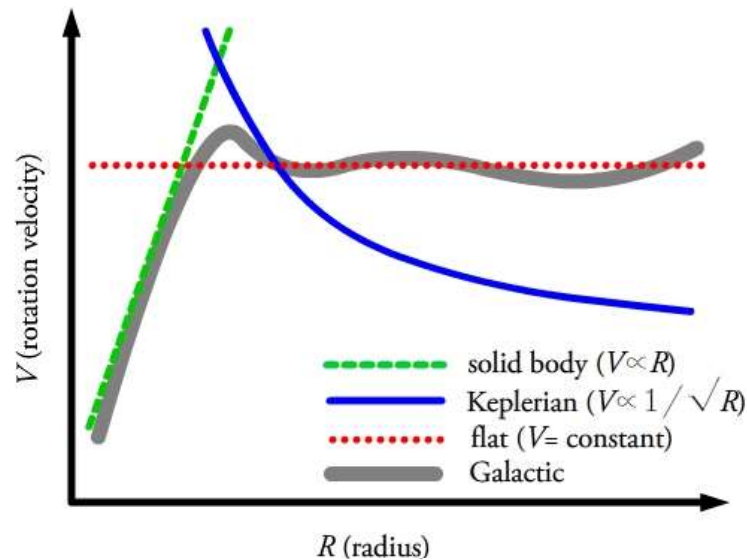
Vera Rubin (1928 - 2016)

Vera Rubin untersuchte
in den 1960er Jahren das
Rotationsverhalten von
Galaxien

(Ergebnis → Folie A+R 3-4/2011)



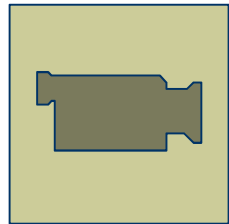
Rotationskurve der Galaxis



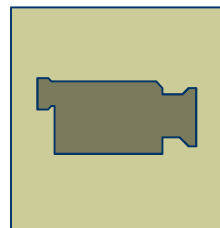
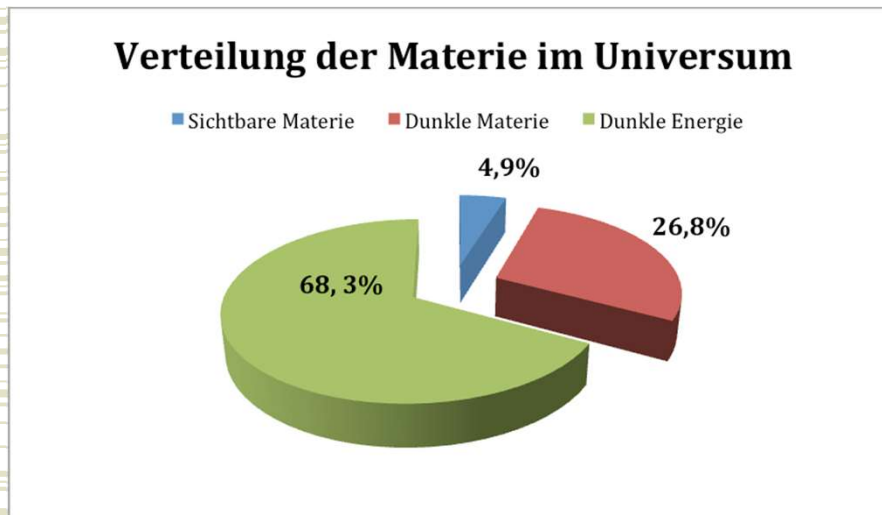
- ◆ Ergebnis: in der Nähe des Zentrums rotiert die Galaxis annähernd wie ein starrer Körper
- ◆ in größeren Entfernungen zum Zentrum verringert sich die Rotationsgeschwindigkeit nicht wie erwartet (s. Abb.), sondern bleibt näherungsweise konstant

Rotationskurve der Galaxis

Erklärung: In der Galaxis muss weit mehr Materie vorhanden sein, als sichtbar ist → Hypothese der „Dunklen Materie“




Dunkle Materie



- ◆ Woraus die dunkle Materie besteht, ist bisher nicht bekannt
- ◆ Kandidaten:
MACHOs (*Massive astrophysical compact halo objects*) → ausgekühlte Weiße Zwerge, Vagabundplaneten, Braune Zwerge, Schwarze Löcher;
WIMPs (*Weakly Interacting Massive Particles*) → unbekannt, massereiche, schwach wechselwirkende Teilchen

Die Entstehung der Milchstraße

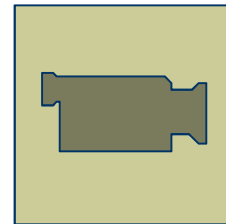
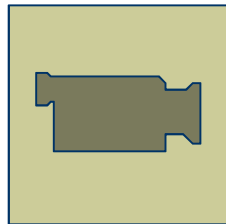
- ◆ Entstehung aus einer protogalaktischen Wolke, die bereits das gesamte Gas enthielt
- ◆ Wolke beginnt unter ihrer eigenen Schwerkraft zu kontrahieren und zu fragmentieren → ähnlich wie bei der Sternentstehung
- ◆ Evtl. bildeten sich mehrere protogalaktische Wolken, die später miteinander kollidierten und sich zu einer ausgedehnten Wolke zusammenlagerten
- ◆ Wahrscheinlich bildeten sich die Kugelsternhaufen schon in dieser Phase
- ◆ Weitere Kontraktion der Wolke → Beschleunigung der Rotation (wegen Drehimpulserhaltung → Pirouetten einer Eiskunstläuferin [Video]) 
- ◆ Abflachung der Protogalaxis → Entstehung einer Scheibenstruktur
- ◆ Beginnende Sternentstehung in der Scheibe

Die Entstehung der Milchstraße

Entstehung der Milchstraße: ERIS - eine Simulation

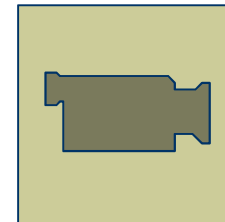
<https://www.youtube.com/watch?v=VQBzdcFkB7w>

<http://news.ucsc.edu/2011/08/eris-simulation.html>



<http://ooo.aip.de/People/msteinmetz/Movies/MPEG/spiral.mpg>

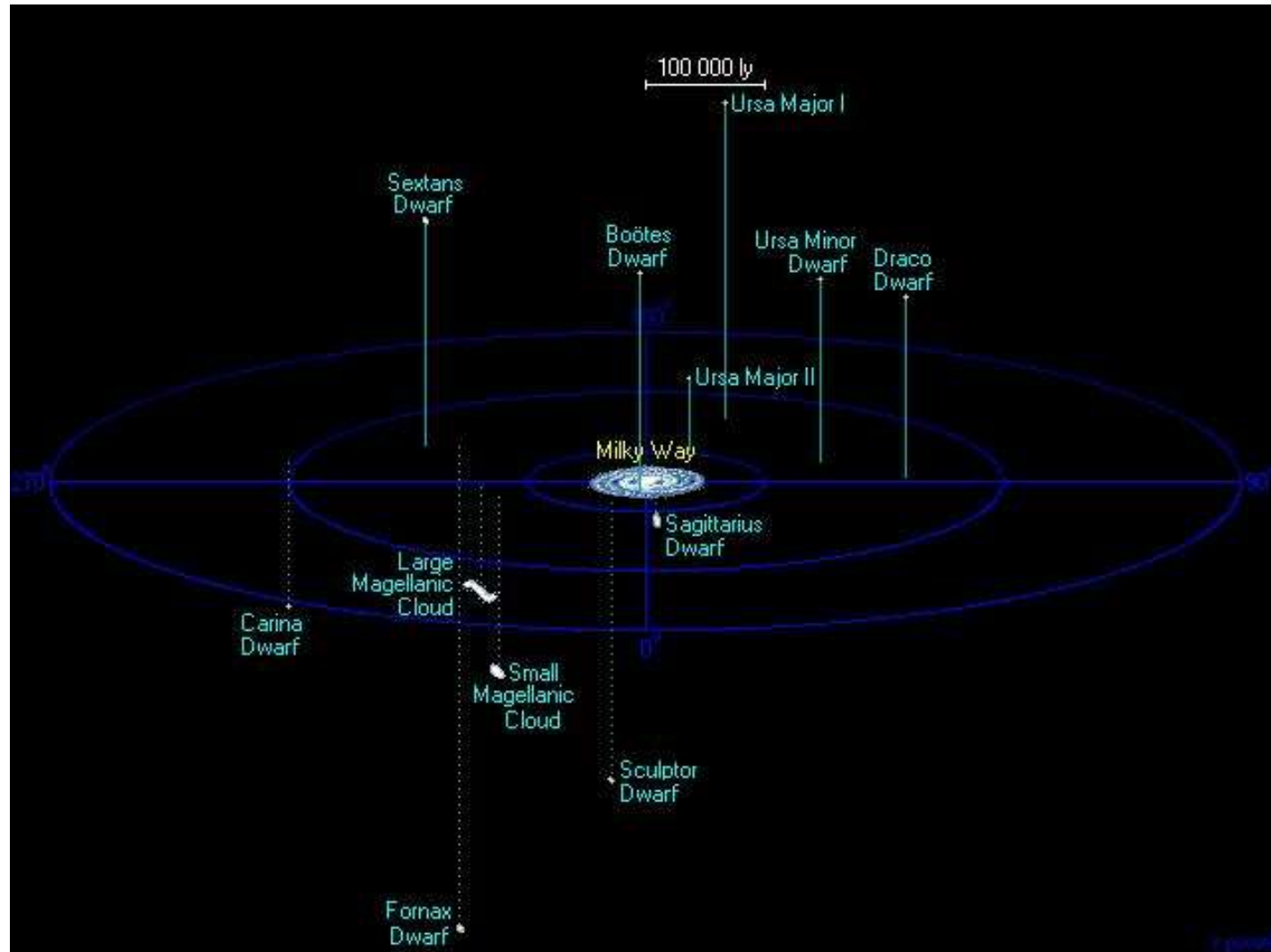
ARTE-Video: Milchstraße – Bedeutung
der dunklen Materie bei der Galaxienentstehung



2.8 Begleiter der Milchstraße

- ◆ Die Milchstraße ist umgeben von Zwerggalaxien, die sie begleiten.
- ◆ Das Milchstraßensystem verleiht sich beständig Zwerggalaxien ein und nimmt dadurch an Masse zu.
- ◆ Während der Verschmelzung hinterlassen die Zwergsysteme Ströme aus Sternen und interstellarer Materie, die durch die Gezeitenkräfte des Milchstraßensystems aus den kleinen Galaxien herausgerissen werden.

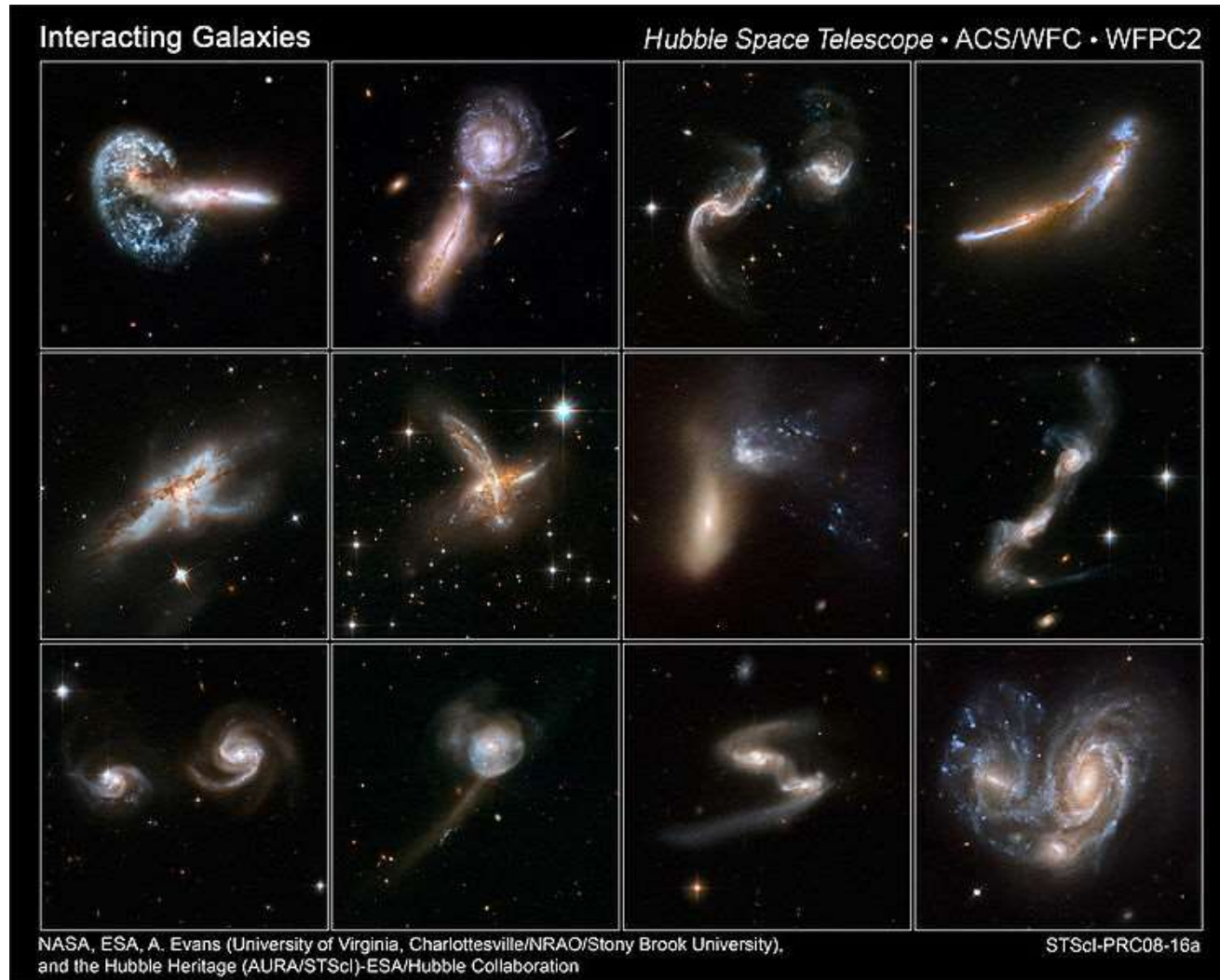
Satellitengalaxien der Milchstraße



Die beiden Magellanschen Wolken

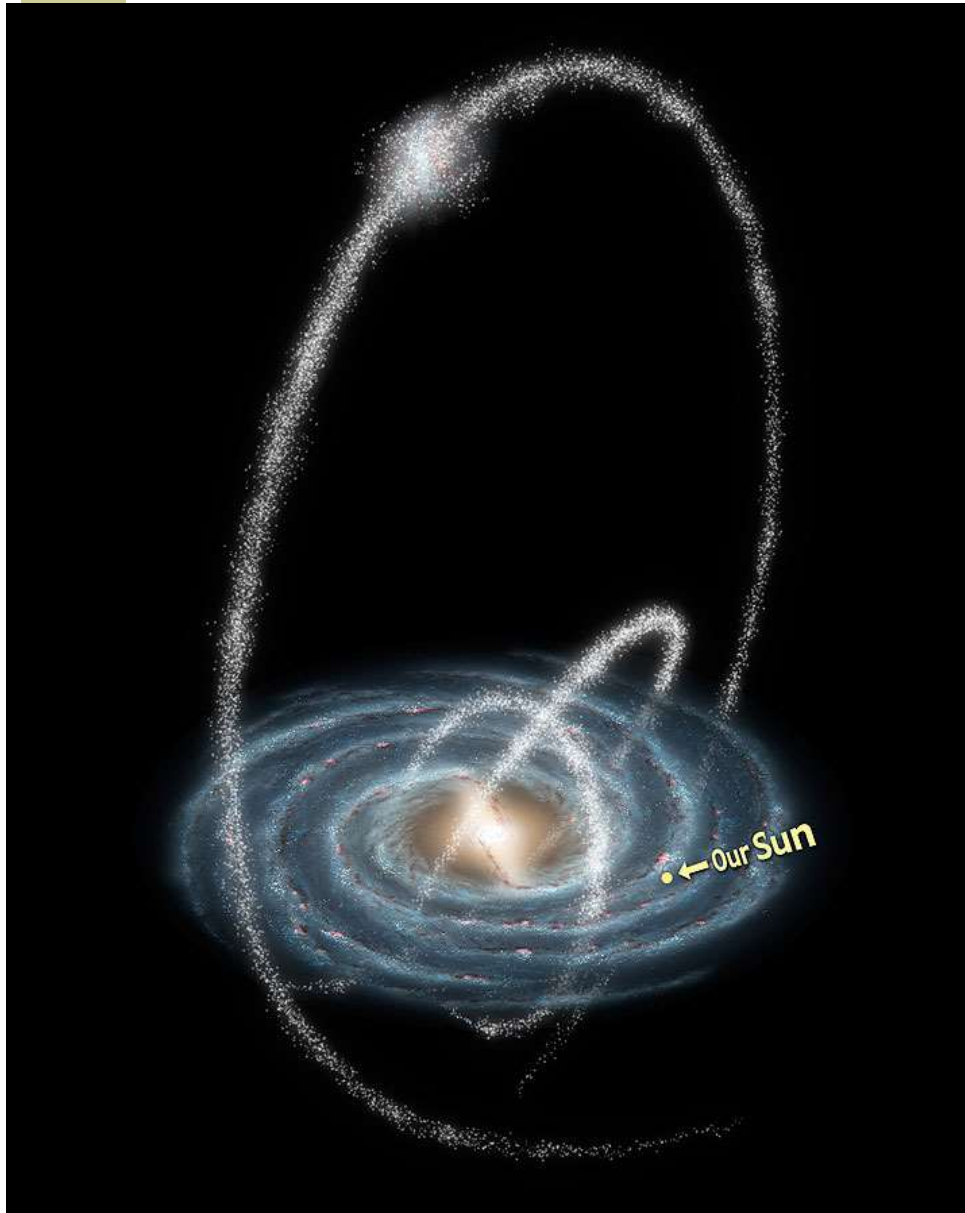
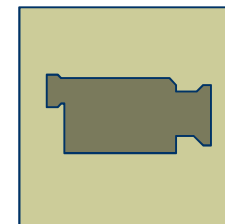


Wechselwirkende Galaxien

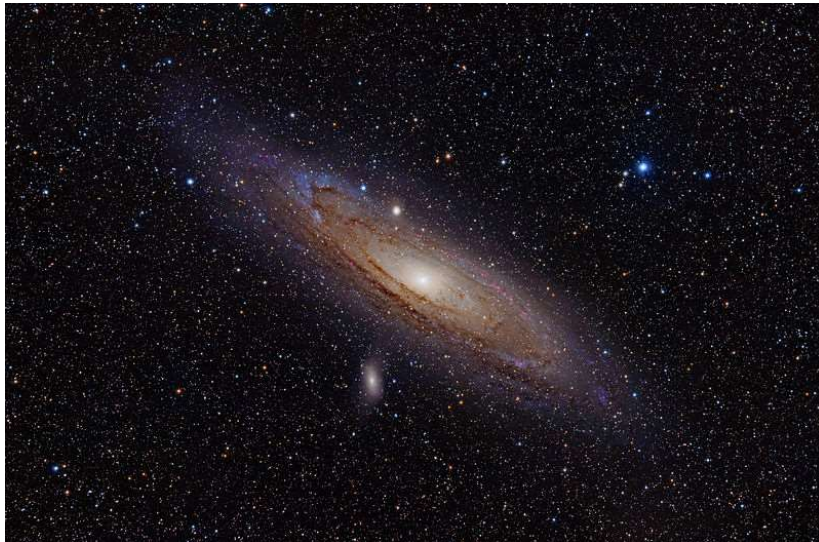


Sternströme

ARTE-Video: Milchstraße
– Wechselwirkung der
Galaxis mit Zwerggalaxien



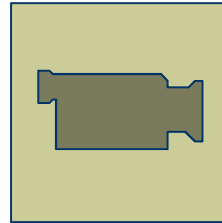
Milchstraße und Andromeda: Giganten auf Kollisionskurs



- ◆ Andromeda und Milchstraße bewegen sich aufeinander zu und werden eines Tages zu einer gigantischen Galaxie verschmelzen.
- ◆ Schätzen Sie unter der Annahme einer gleichförmigen Bewegung eine Obergrenze für die Dauer bis zur Ankunft von M31 ab.
Heutige Distanz $d = 770 \text{ kpc}$
 $v_{\text{Annäherung}} = 109,2 \text{ km/s}$

<http://www.sterne-und-weltraum.de/alias/blick-in-die-forschung-kurzberichte/milchstrasse-und-andromeda-giganten-auf-kollisionskurs/1170608>

Milchstraße und Andromeda: Giganten auf Kollisionskurs



<http://ooo.aip.de/People/msteinmetz/Movies/AVI/andromeda.avi>

ARTE-Video: Milchstraße – Kollision mit Andromeda

