



# Die Milchstraße als Beispielgalaxie

Dynamik (Bewegung der Sterne)

Rotationskurve

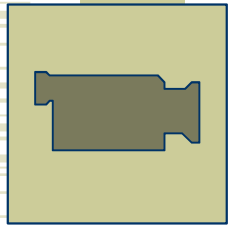
Entstehung der Milchstraße

Begleiter der Milchstraße

Wechselwirkung mit anderen Galaxien

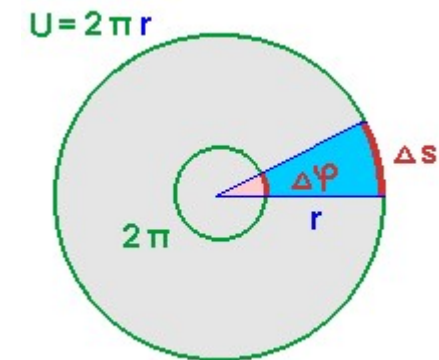
# Die Bewegung der galaktischen Scheibe

- ◆ 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
- ◆ 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 → die Galaxis rotiert also nicht überall gleich schnell (kein starrer Körper!)
- ◆ Vergleich mit den Ringen einer Zwiebel → 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)

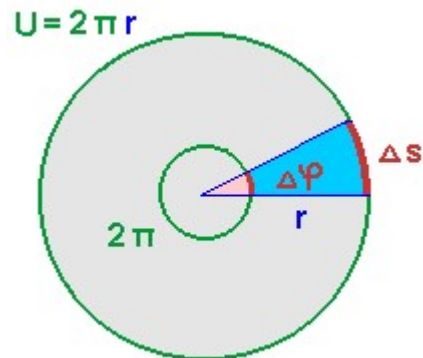
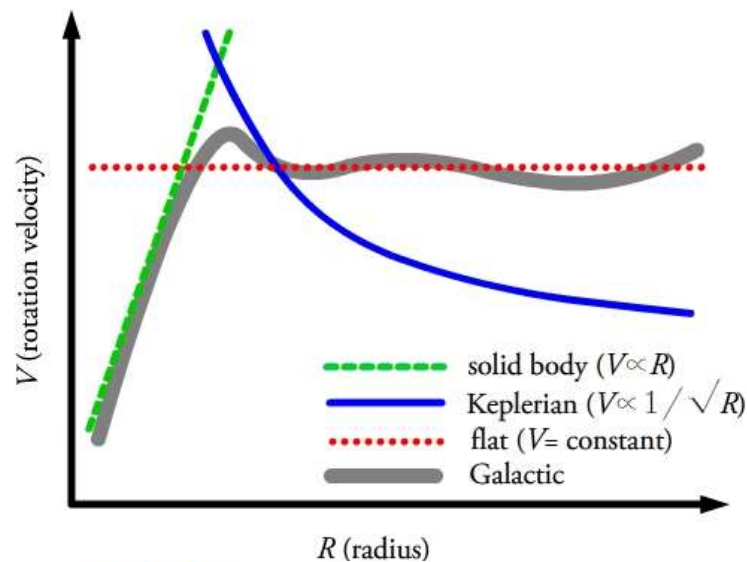
# Vera Rubin (1928 - 2016)

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

(Ergebnis → Folie A+R 3-4/2011)



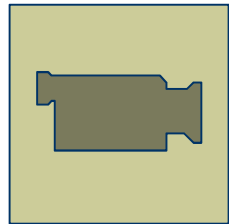
# Rotationskurve der Galaxis



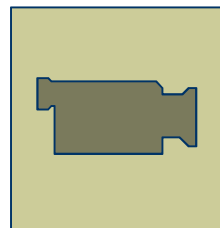
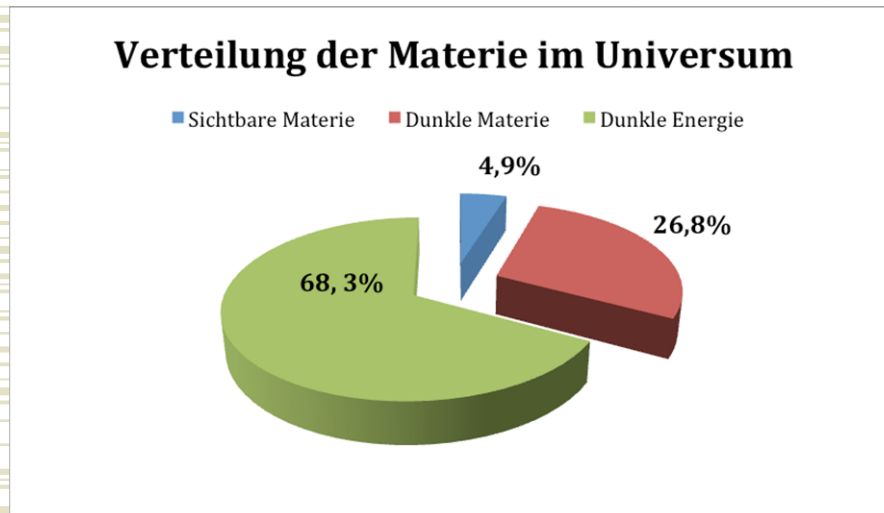
- ◆ Ergebnis: in der Nähe des Zentrums rotiert die Galaxis annähernd wie ein starrer Körper
- ◆ in größeren Entfernungen zum Zentrum verringert sich die Rotationsgeschwindigkeit nicht wie erwartet (s. Abb.), sondern bleibt näherungsweise konstant

# 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

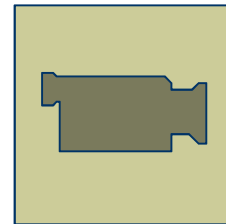
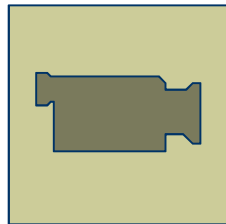
- ◆ Entstehung aus einer protogalaktischen Wolke, die bereits das gesamte Gas enthielt
- ◆ Wolke beginnt unter ihrer eigenen Schwerkraft zu kontrahieren und zu fragmentieren → ähnlich wie bei der Sternentstehung
- ◆ Evtl. bildeten sich mehrere protogalaktische Wolken, die später miteinander kollidierten 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

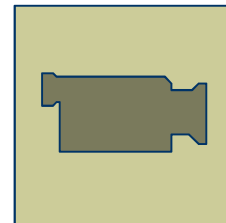
<https://www.youtube.com/watch?v=VQBzdcFkB7w>

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



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

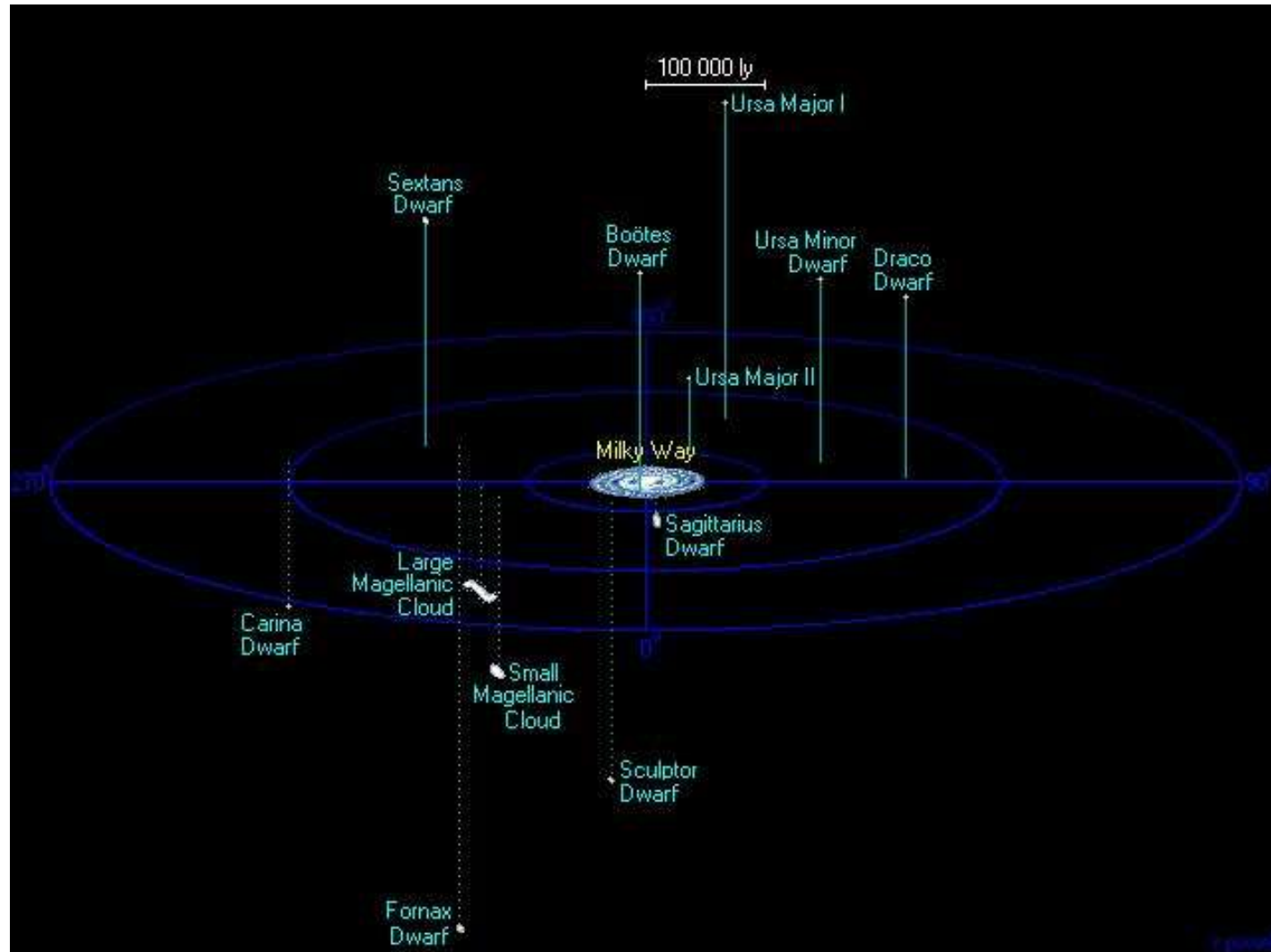
ARTE-Video: Milchstraße



## 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.

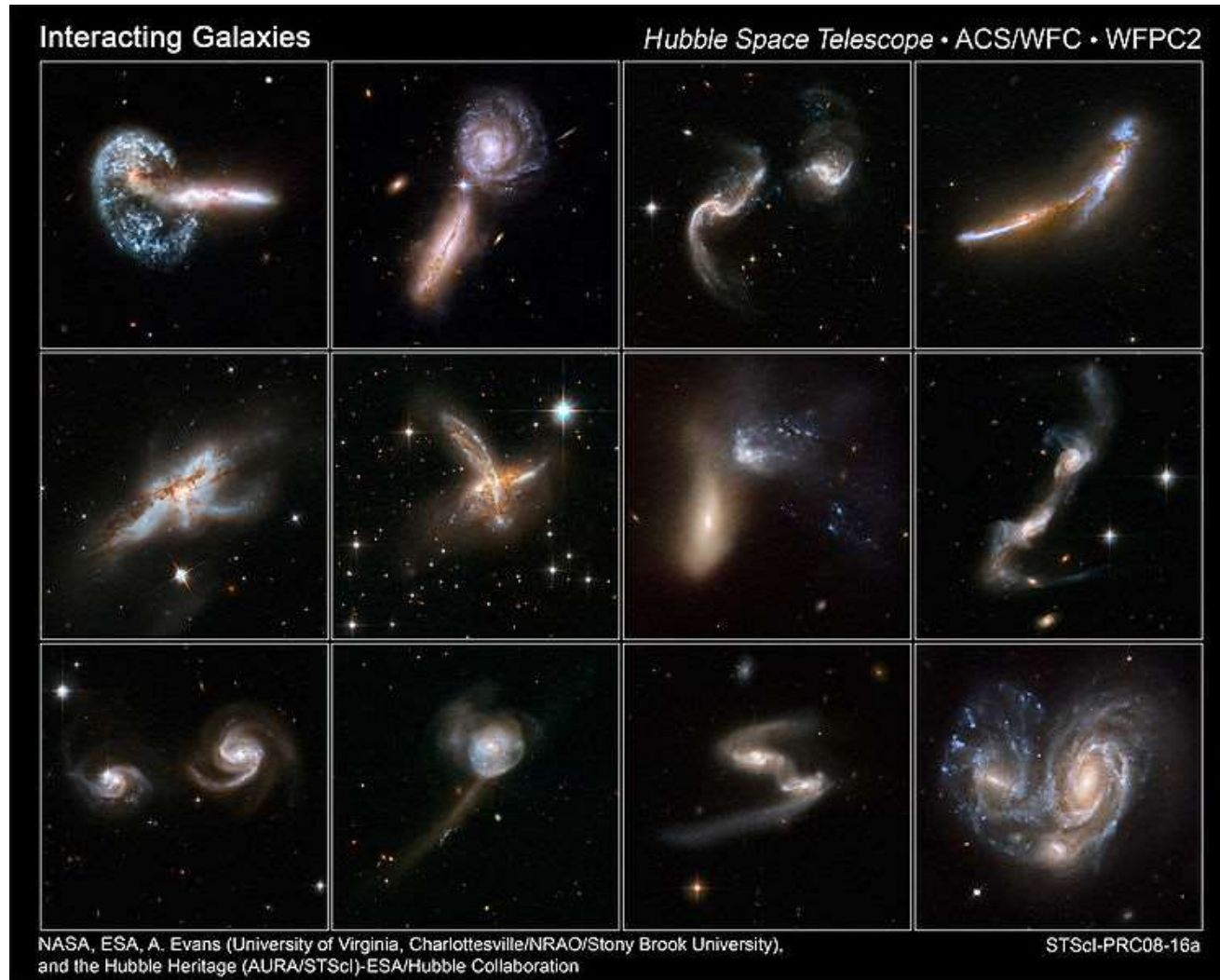
# Satellitengalaxien der Milchstraße



# Die beiden Magellanschen Wolken

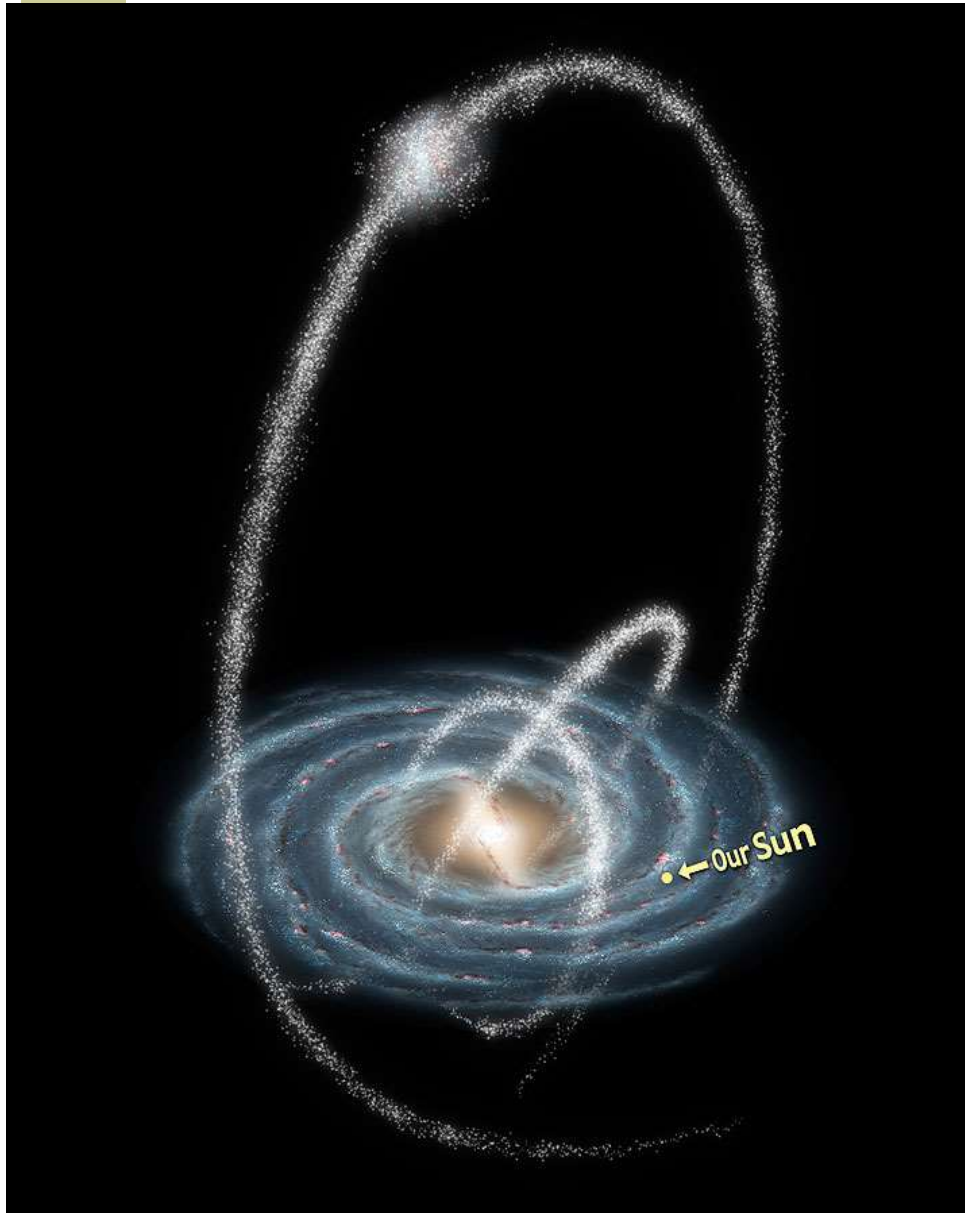
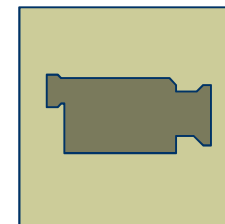


# Wechselwirkende Galaxien

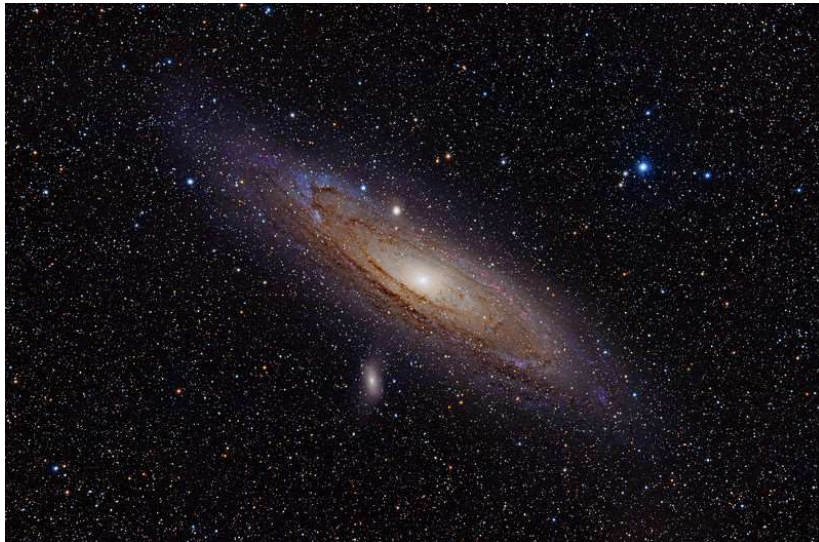


# Sternströme

ARTE-Video: Milchstraße  
– Wechselwirkung der  
Galaxis mit Zwerggalaxien



# Milchstraße und Andromeda: Giganten auf Kollisionskurs

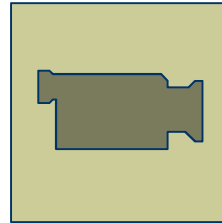


- ◆ Andromeda und Milchstraße bewegen sich aufeinander zu und werden eines Tages zu einer gigantischen Galaxie verschmelzen.
- ◆ Schätzen Sie unter der Annahme einer gleichförmigen Bewegung eine Obergrenze für die Dauer bis zur Ankunft von M31 ab.  
Heutige Distanz  $d = 770 \text{ kpc}$   
 $v_{\text{Annäherung}}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

<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

