

Ein Vergleich der Verteilung von Satellitengalaxien
um Andromeda und den Resultaten von
 Λ CDM-Simulationen

Henning Bahl

16. Oktober 2013

1 Einführung

- Beobachtungen
- Grundidee und Simulationsdaten

2 Methoden

- Charakterisierung von Ebenen
- Selektionskriterien für Hostthalos, Satelliten
- Entstehung und weitere Entwicklung dünner Ebenen

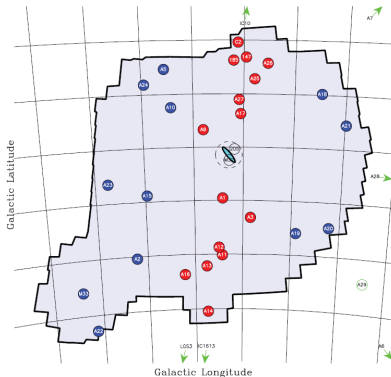
3 Resultate

- r_{per} , r_{par} , Anzahl der korotierenden Satelliten
- Entstehung und weitere Entwicklung

4 Zusammenfassung und Diskussion

- Zusammenfassung
- Problematiken und Ausblick

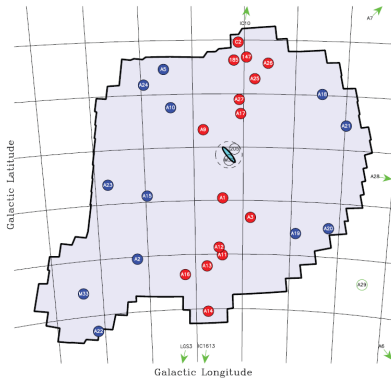
Ibata et al. (2013)



- ▶ Weitläufige, dünne Ebene bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien (VTPD)
- ▶ Nur Satelliten innerhalb der PAndAS Fläche
- ▶ 15 von 27 Satelliten zur Ebene gehörig
- ▶ Dicke: 12.6 ± 0.6 kpc
- ▶ 13 von 15 Satelliten korotierend
- ▶ Hohe Signifikanz (99.998%)

▶ Satellitenverteilung um Milchstraße auch anisotrop

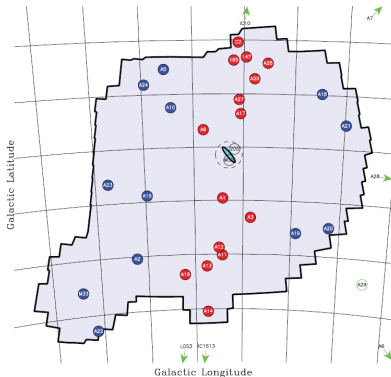
Ibata et al. (2013)



- ▶ Weitläufige, dünne Ebene bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien (VTPD)
- ▶ Nur Satelliten innerhalb der PAndAS Fläche
- ▶ 15 von 27 Satelliten zur Ebene gehörig
- ▶ Dicke: 12.6 ± 0.6 kpc
- ▶ 13 von 15 Satelliten korotierend
- ▶ Hohe Signifikanz (99.998%)

▶ Satellitenverteilung um Milchstraße auch anisotrop

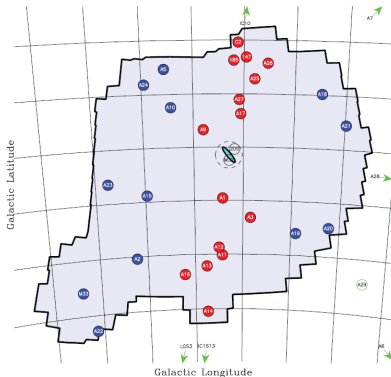
Ibata et al. (2013)



- ▶ Weitläufige, dünne Ebene bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien (VTPD)
- ▶ Nur Satelliten innerhalb der PAndAS Fläche
- ▶ 15 von 27 Satelliten zur Ebene gehörig
- ▶ Dicke: 12.6 ± 0.6 kpc
- ▶ 13 von 15 Satelliten korotierend
- ▶ Hohe Signifikanz (99.998%)

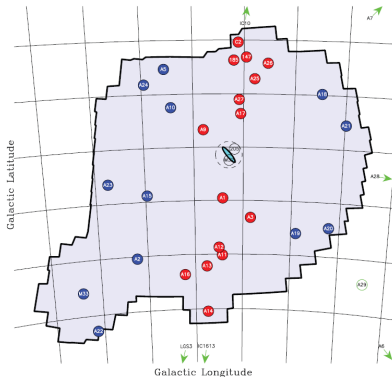
▶ Satellitenverteilung um Milchstraße auch anisotrop

Ibata et al. (2013)



- ▶ Weitläufige, dünne Ebene bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien (VTPD)
 - ▶ Nur Satelliten innerhalb der PAndAS Fläche
 - ▶ 15 von 27 Satelliten zur Ebene gehörig
 - ▶ Dicke: 12.6 ± 0.6 kpc
 - ▶ 13 von 15 Satelliten korotierend
 - ▶ Hohe Signifikanz (99.998%)
- ▶ Satellitenverteilung um Milchstraße auch anisotrop

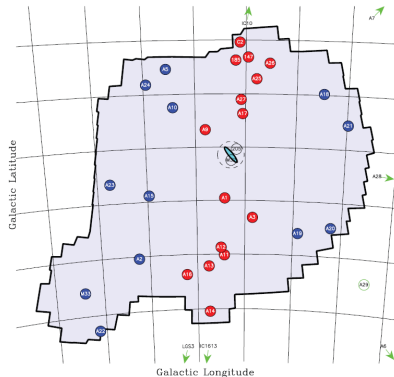
Ibata et al. (2013)



- ▶ Weitläufige, dünne Ebene bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien (VTPD)
- ▶ Nur Satelliten innerhalb der PAndAS Fläche
- ▶ 15 von 27 Satelliten zur Ebene gehörig
- ▶ Dicke: 12.6 ± 0.6 kpc
- ▶ 13 von 15 Satelliten korotierend
- ▶ Hohe Signifikanz (99.998%)

▶ Satellitenverteilung um Milchstraße auch anisotrop

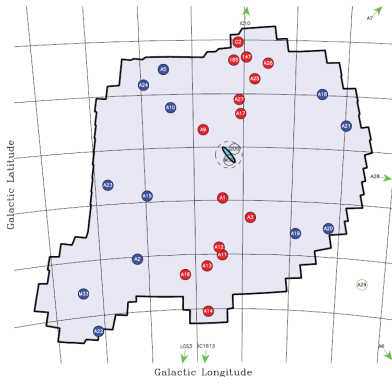
Ibata et al. (2013)



- ▶ Weitläufige, dünne Ebene bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien (VTPD)
- ▶ Nur Satelliten innerhalb der PAndAS Fläche
- ▶ 15 von 27 Satelliten zur Ebene gehörig
- ▶ Dicke: 12.6 ± 0.6 kpc
- ▶ 13 von 15 Satelliten korotierend
- ▶ Hohe Signifikanz (99.998%)

▶ Satellitenverteilung um Milchstraße auch anisotrop

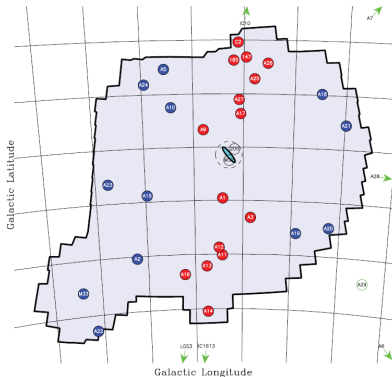
Ibata et al. (2013)



- ▶ Weitläufige, dünne Ebene bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien (VTPD)
- ▶ Nur Satelliten innerhalb der PAndAS Fläche
- ▶ 15 von 27 Satelliten zur Ebene gehörig
- ▶ Dicke: 12.6 ± 0.6 kpc
- ▶ 13 von 15 Satelliten korotierend
- ▶ Hohe Signifikanz (99.998%)

▶ Satellitenverteilung um Milchstraße auch anisotrop

Ibata et al. (2013)



- ▶ Weitläufige, dünne Ebene bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien (VTPD)
- ▶ Nur Satelliten innerhalb der PAndAS Fläche
- ▶ 15 von 27 Satelliten zur Ebene gehörig
- ▶ Dicke: 12.6 ± 0.6 kpc
- ▶ 13 von 15 Satelliten korotierend
- ▶ Hohe Signifikanz (99.998%)

- ▶ Satellitenverteilung um Milchstraße auch anisotrop

Fragestellung

Anisotropien vereinbar mit kosmologischem Standardmodell?

Grundidee

Suche nach VTPD ähnlichen Strukturen in großskaligen kosmologischen Simulation

Verwendete Simulationsdaten:

Millennium II (nur gravitativ wechselwirkende Dunkle Materie) mit semianalytischen Galaxienentstehungsmodell

Fragestellung

Anisotropien vereinbar mit kosmologischem Standardmodell?

Grundidee

Suche nach VTPD ähnlichen Strukturen in großskaligen kosmologischen Simulation

Verwendete Simulationsdaten:

Millennium II (nur gravitativ wechselwirkende Dunkle Materie) mit semianalytischen Galaxienentstehungsmodell

Fragestellung

Anisotropien vereinbar mit kosmologischem Standardmodell?

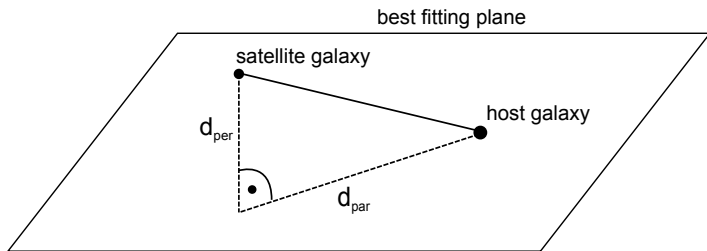
Grundidee

Suche nach VTPD ähnlichen Strukturen in großskaligen kosmologischen Simulation

Verwendete Simulationsdaten:

Millennium II (nur gravitativ wechselwirkende Dunkle Materie) mit semianalytischen Galaxienentstehungsmodell

Zwei verschiedene Größen zur Charakterisierung von Ebenen:



- ▶ Quadratische gemittelter Abstand der Satelliten zur Ebene

$$r_{\text{per}} = \sqrt{\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} d_{\text{per},i}^2}$$

- ▶ Quadratisch gemittelter Abstand der Satelliten, projiziert in die Ebene, zum Zentrum des Hosthalos

$$r_{\text{par}} = \sqrt{\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} d_{\text{par},i}^2}$$

Nur die 15 Satelliten, die r_{per} minimieren, werden in der Berechnung von r_{per} und r_{par} berücksichtigt.

- ▶ Berechnung der am besten passenden Ebene durch Minimierung von r_{per}

- ▶ Quadratische gemittelter Abstand der Satelliten zur Ebene

$$r_{\text{per}} = \sqrt{\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} d_{\text{per},i}^2}$$

- ▶ Quadratisch gemittelter Abstand der Satelliten, projiziert in die Ebene, zum Zentrum des Hosthalos

$$r_{\text{par}} = \sqrt{\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} d_{\text{par},i}^2}$$

Nur die 15 Satelliten, die r_{per} minimieren, werden in der Berechnung von r_{per} und r_{par} berücksichtigt.

- ▶ Berechnung der am besten passenden Ebene durch Minimierung von r_{per}

Vergleichbarkeit mit Beobachtungsdaten

⇒ Einschränkungen von PAndAS müssen nachgebildet werden

Selektionskriterien für Hosthalos (Andromeda ähnlich):

- ▶ Viriale Masse, durchschnittliches Sternentaler, keine Systeme mit mehreren großen Galaxien (1825 Halos)

Selektionskriterien für Satelliten:

- ▶ Abstandlimits, PAndAS Fläche, helle Galaxienscheibe, unteres baryonisches Massenlimit
- ▶ Am Schluss: Selektion der 27 Satelliten mit größter baryonischer Masse

⇒ Satellitensysteme vergleichbar mit dem bei Ibata et al. (2013)

Vergleichbarkeit mit Beobachtungsdaten

⇒ Einschränkungen von PAndAS müssen nachgebildet werden

Selektionskriterien für Hosthalos (Andromeda ähnlich):

- ▶ Viriale Masse, durchschnittliches Sternentalter, keine Systeme mit mehreren großen Galaxien (1825 Halos)

Selektionskriterien für Satelliten:

- ▶ Abstandlimits, PAndAS Fläche, helle Galaxienscheibe, unteres baryonisches Massenlimit
- ▶ Am Schluss: Selektion der 27 Satelliten mit größter baryonischer Masse

⇒ Satellitensysteme vergleichbar mit dem bei Ibata et al. (2013)

Vergleichbarkeit mit Beobachtungsdaten

⇒ Einschränkungen von PAndAS müssen nachgebildet werden

Selektionskriterien für Hosthalos (Andromeda ähnlich):

- ▶ Viriale Masse, durchschnittliches Sternentaler, keine Systeme mit mehreren großen Galaxien (1825 Halos)

Selektionskriterien für Satelliten:

- ▶ Abstandlimits, PAndAS Fläche, helle Galaxienscheibe, unteres baryonisches Massenlimit
- ▶ Am Schluss: Selektion der 27 Satelliten mit größter baryonischer Masse

⇒ Satellitensysteme vergleichbar mit dem bei Ibata et al. (2013)

Vergleichbarkeit mit Beobachtungsdaten

⇒ Einschränkungen von PAndAS müssen nachgebildet werden

Selektionskriterien für Hosthalos (Andromeda ähnlich):

- ▶ Viriale Masse, durchschnittliches Sternentaler, keine Systeme mit mehreren großen Galaxien (1825 Halos)

Selektionskriterien für Satelliten:

- ▶ Abstandlimits, PAndAS Fläche, helle Galaxienscheibe, unteres baryonisches Massenlimit
- ▶ Am Schluss: Selektion der 27 Satelliten mit größter baryonischer Masse

⇒ Satellitensysteme vergleichbar mit dem bei Ibata et al. (2013)

Vergleichbarkeit mit Beobachtungsdaten

⇒ Einschränkungen von PAndAS müssen nachgebildet werden

Selektionskriterien für Hosthalos (Andromeda ähnlich):

- ▶ Viriale Masse, durchschnittliches Sternentaler, keine Systeme mit mehreren großen Galaxien (1825 Halos)

Selektionskriterien für Satelliten:

- ▶ Abstandlimits, PAndAS Fläche, helle Galaxienscheibe, unteres baryonisches Massenlimit
- ▶ Am Schluss: Selektion der 27 Satelliten mit größter baryonischer Masse

⇒ Satellitensysteme vergleichbar mit dem bei Ibata et al. (2013)

Vergleichbarkeit mit Beobachtungsdaten

⇒ Einschränkungen von PAndAS müssen nachgebildet werden

Selektionskriterien für Hosthalos (Andromeda ähnlich):

- ▶ Viriale Masse, durchschnittliches Sternentalter, keine Systeme mit mehreren großen Galaxien (1825 Halos)

Selektionskriterien für Satelliten:

- ▶ Abstandlimits, PAndAS Fläche, helle Galaxienscheibe, unteres baryonisches Massenlimit
- ▶ Am Schluss: Selektion der 27 Satelliten mit größter baryonischer Masse

⇒ Satellitensysteme vergleichbar mit dem bei Ibata et al. (2013)

Vergleichbarkeit mit Beobachtungsdaten

⇒ Einschränkungen von PAndAS müssen nachgebildet werden

Selektionskriterien für Hosthalos (Andromeda ähnlich):

- ▶ Viriale Masse, durchschnittliches Sternentaler, keine Systeme mit mehreren großen Galaxien (1825 Halos)

Selektionskriterien für Satelliten:

- ▶ Abstandlimits, PAndAS Fläche, helle Galaxienscheibe, unteres baryonisches Massenlimit
- ▶ Am Schluss: Selektion der 27 Satelliten mit größter baryonischer Masse

⇒ Satellitensysteme vergleichbar mit dem bei Ibata et al. (2013)

Selektion Systemen mit dünnen Ebenen und 13 oder mehr korotierenden Satelliten

- ▶ Zurückverfolgung der 15, zur am besten passenden Ebene gehörenden, Satelliten bis ~ -5.2 Gyr (first progenitors)
- ▶ Verfolgung der weiteren Entwicklung durch Abfrage ihrer Nachfolger bis ~ 5.0 Gyr
- ▶ Berechnung von r_{per} für jeden snapshot unter alleiniger Berücksichtigung der 15 first progenitors/Nachfolger

Selektion Systemen mit dünnen Ebenen und 13 oder mehr korotierenden Satelliten

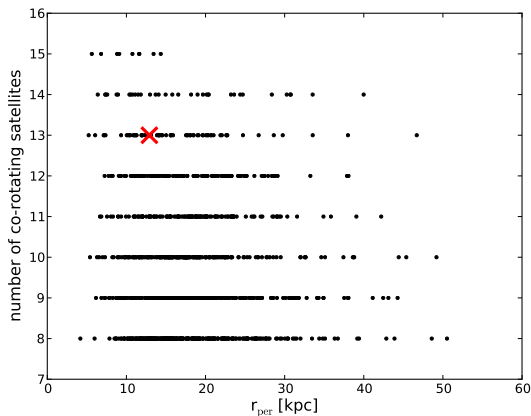
- ▶ Zurückverfolgung der 15, zur am besten passenden Ebene gehörenden, Satelliten bis ~ -5.2 Gyr (first progenitors)
- ▶ Verfolgung der weiteren Entwicklung durch Abfrage ihrer Nachfolger bis ~ 5.0 Gyr
- ▶ Berechnung von r_{per} für jeden snapshot unter alleiniger Berücksichtigung der 15 first progenitors/Nachfolger

Selektion Systemen mit dünnen Ebenen und 13 oder mehr korotierenden Satelliten

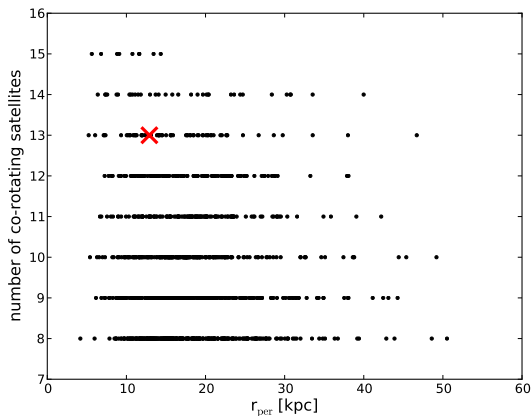
- ▶ Zurückverfolgung der 15, zur am besten passenden Ebene gehörenden, Satelliten bis ~ -5.2 Gyr (first progenitors)
- ▶ Verfolgung der weiteren Entwicklung durch Abfrage ihrer Nachfolger bis ~ 5.0 Gyr
- ▶ Berechnung von r_{per} für jeden snapshot unter alleiniger Berücksichtigung der 15 first progenitors/Nachfolger

Selektion Systemen mit dünnen Ebenen und 13 oder mehr korotierenden Satelliten

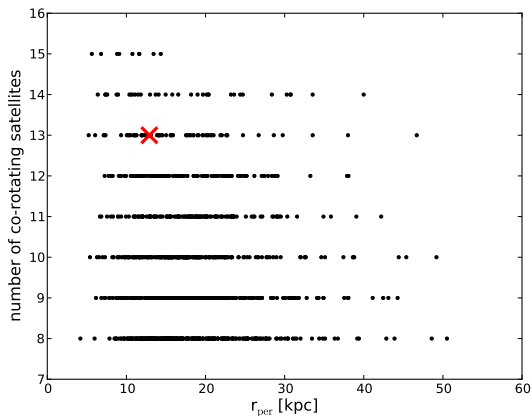
- ▶ Zurückverfolgung der 15, zur am besten passenden Ebene gehörenden, Satelliten bis ~ -5.2 Gyr (first progenitors)
- ▶ Verfolgung der weiteren Entwicklung durch Abfrage ihrer Nachfolger bis ~ 5.0 Gyr
- ▶ Berechnung von r_{per} für jeden snapshot unter alleiniger Berücksichtigung der 15 first progenitors/Nachfolger



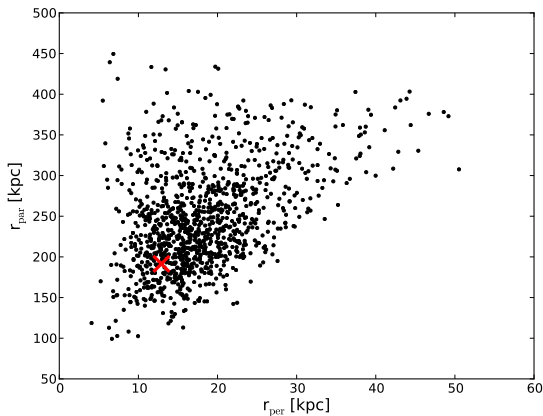
- ▶ $r_{\text{per}} < 12.9$ kpc für 22% aller Halos
- ▶ $r_{\text{per}} < 12.9$ kpc und ≥ 13 korotierende Satelliten für 3% aller Halos



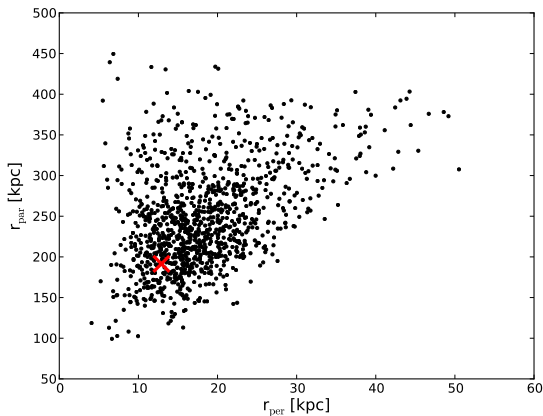
- ▶ $r_{\text{per}} < 12.9$ kpc für 22% aller Halos
- ▶ $r_{\text{per}} < 12.9$ kpc und ≥ 13 korotierende Satelliten für 3% aller Halos



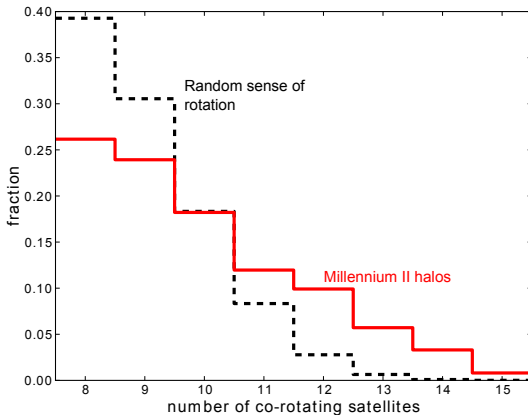
- ▶ $r_{\text{per}} < 12.9$ kpc für 22% aller Halos
- ▶ $r_{\text{per}} < 12.9$ kpc und ≥ 13 korotierende Satelliten für 3% aller Halos



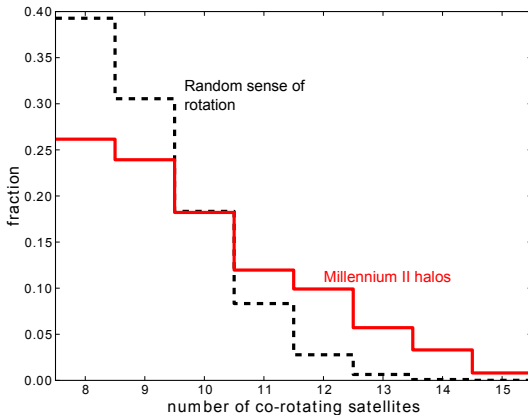
- ▶ $r_{\text{per}} < 12.9$ kpc und $r_{\text{par}} > 191.4$ kpc für 14% aller Halos



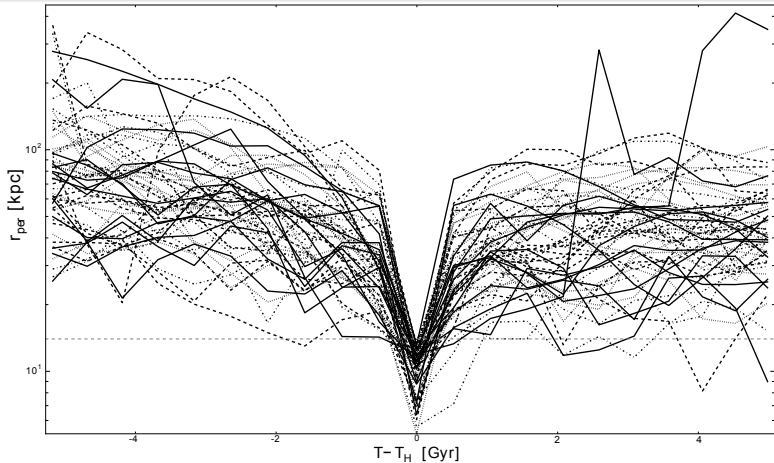
- ▶ $r_{\text{per}} < 12.9$ kpc und $r_{\text{par}} > 191.4$ kpc für 14% aller Halos



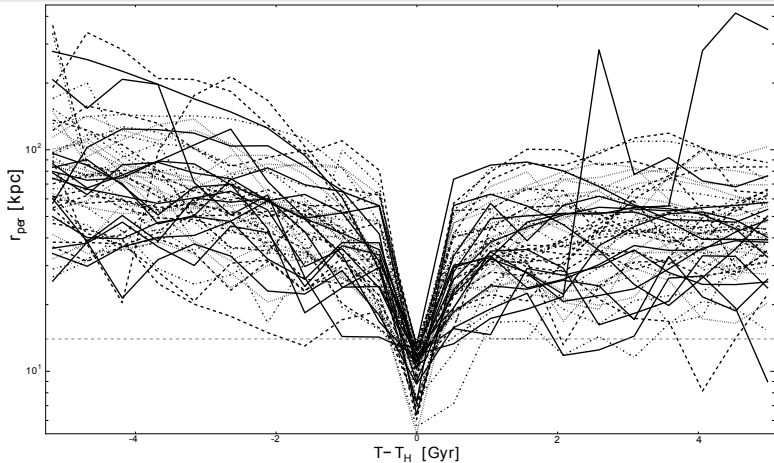
- Die Millennium II Halos haben im Durchschnitt mehr korotierende Satelliten als erwartet, wenn der Rotationssinn zufällig wäre.



- ▶ Die Millennium II Halos haben im Durchschnitt mehr korotierende Satelliten als erwartet, wenn der Rotationssinn zufällig wäre.



⇒ Dünne Ebenen sehr wahrscheinlich nur eine statistische Fluktuation einer eigentlich isotropen Verteilung



⇒ Dünne Ebenen sehr wahrscheinlich nur eine statistische Fluktuation einer eigentlich isotropen Verteilung

- ▶ Dünne Ebene, wie um Andromeda beobachtet, sind häufig in Millennium II Halos ($\sim 22\%$).
- ▶ 13 und mehr korotierende Satelliten sind ebenfalls nicht unwahrscheinlich.

Hauptresultat

Die dünne Ebene (VTPD), bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien, ist nicht im Konflikt mit dem kosmologischen Standardmodell.

- ▶ Die Entstehung und weitere Entwicklung dünner Ebenen deutet darauf hin, dass die VTPD nur eine statische Fluktuation einer isotroperen Galaxienverteilung sein könnte.

- ▶ Dünne Ebene, wie um Andromeda beobachtet, sind häufig in Millennium II Halos ($\sim 22\%$).
- ▶ 13 und mehr korotierende Satelliten sind ebenfalls nicht unwahrscheinlich.

Hauptresultat

Die dünne Ebene (VTPD), bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien, ist nicht im Konflikt mit dem kosmologischen Standardmodell.

- ▶ Die Entstehung und weitere Entwicklung dünner Ebenen deutet darauf hin, dass die VTPD nur eine statische Fluktuation einer isotroperen Galaxienverteilung sein könnte.

- ▶ Dünne Ebene, wie um Andromeda beobachtet, sind häufig in Millennium II Halos ($\sim 22\%$).
- ▶ 13 und mehr korotierende Satelliten sind ebenfalls nicht unwahrscheinlich.

Hauptresultat

Die dünne Ebene (VTPD), bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien, ist nicht im Konflikt mit dem kosmologischen Standardmodell.

- ▶ Die Entstehung und weitere Entwicklung dünner Ebenen deutet darauf hin, dass die VTPD nur eine statische Fluktuation einer isotroperen Galaxienverteilung sein könnte.

- ▶ Dünne Ebene, wie um Andromeda beobachtet, sind häufig in Millennium II Halos ($\sim 22\%$).
- ▶ 13 und mehr korotierende Satelliten sind ebenfalls nicht unwahrscheinlich.

Hauptresultat

Die dünne Ebene (VTPD), bestehend aus um Andromeda korotierenden Zwerggalaxien, ist nicht im Konflikt mit dem kosmologischen Standardmodell.

- ▶ Die Entstehung und weitere Entwicklung dünner Ebenen deutet darauf hin, dass die VTPD nur eine statische Fluktuation einer isotroperen Galaxienverteilung sein könnte.

Mögliche Einwände:

- ▶ Starke Abhängigkeit der Analyse vom semianalytischen Galaxienentstehungsmodell
- ▶ Geringe Auflösung der Simulation
- ▶ Genaue Wahl der Selektionskriterien diskutierbar
- ▶ Andromedas Satellitensystem als isoliertes System betrachtet
→ mögliche Wechselwirkungen innerhalb der Lokalen Gruppe nicht berücksichtigt

Ausblick:

- ▶ Möglicherweise Entdeckung weiterer Satellitengalaxien
→ (an)isotropere Gesamtverteilung
- ▶ Genauere Bestimmung kinematische Eigenschaften
→ VTPD zeitlich stabil?
- ▶ Höhere Auflösung → verlässlichere Resultate

Mögliche Einwände:

- ▶ Starke Abhängigkeit der Analyse vom semianalytischen Galaxienentstehungsmodell
- ▶ Geringe Auflösung der Simulation
- ▶ Genaue Wahl der Selektionskriterien diskutierbar
- ▶ Andromedas Satellitensystem als isoliertes System betrachtet
→ mögliche Wechselwirkungen innerhalb der Lokalen Gruppe nicht berücksichtigt

Ausblick:

- ▶ Möglicherweise Entdeckung weiterer Satellitengalaxien
→ (an)isotropere Gesamtverteilung
- ▶ Genauere Bestimmung kinematische Eigenschaften
→ VTPD zeitlich stabil?
- ▶ Höhere Auflösung → verlässlichere Resultate

Mögliche Einwände:

- ▶ Starke Abhängigkeit der Analyse vom semianalytischen Galaxienentstehungsmodell
- ▶ Geringe Auflösung der Simulation
- ▶ Genaue Wahl der Selektionskriterien diskutierbar
- ▶ Andromedas Satellitensystem als isoliertes System betrachtet
→ mögliche Wechselwirkungen innerhalb der Lokalen Gruppe nicht berücksichtigt

Ausblick:

- ▶ Möglicherweise Entdeckung weiterer Satellitengalaxien
→ (an)isotropere Gesamtverteilung
- ▶ Genauere Bestimmung kinematische Eigenschaften
→ VTPD zeitlich stabil?
- ▶ Höhere Auflösung → verlässlichere Resultate

Mögliche Einwände:

- ▶ Starke Abhängigkeit der Analyse vom semianalytischen Galaxienentstehungsmodell
- ▶ Geringe Auflösung der Simulation
- ▶ Genaue Wahl der Selektionskriterien diskutierbar
- ▶ Andromedas Satellitensystem als isoliertes System betrachtet
→ mögliche Wechselwirkungen innerhalb der Lokalen Gruppe nicht berücksichtigt

Ausblick:

- ▶ Möglicherweise Entdeckung weiterer Satellitengalaxien
→ (an)isotropere Gesamtverteilung
- ▶ Genauere Bestimmung kinematische Eigenschaften
→ VTPD zeitlich stabil?
- ▶ Höhere Auflösung → verlässlichere Resultate

Mögliche Einwände:

- ▶ Starke Abhängigkeit der Analyse vom semianalytischen Galaxienentstehungsmodell
- ▶ Geringe Auflösung der Simulation
- ▶ Genaue Wahl der Selektionskriterien diskutierbar
- ▶ Andromedas Satellitensystem als isoliertes System betrachtet
→ mögliche Wechselwirkungen innerhalb der Lokalen Gruppe nicht berücksichtigt

Ausblick:

- ▶ Möglicherweise Entdeckung weiterer Satellitengalaxien
→ (an)isotropere Gesamtverteilung
- ▶ Genauere Bestimmung kinematische Eigenschaften
→ VTPD zeitlich stabil?
- ▶ Höhere Auflösung → verlässlichere Resultate

Mögliche Einwände:

- ▶ Starke Abhängigkeit der Analyse vom semianalytischen Galaxienentstehungsmodell
- ▶ Geringe Auflösung der Simulation
- ▶ Genaue Wahl der Selektionskriterien diskutierbar
- ▶ Andromedas Satellitensystem als isoliertes System betrachtet
→ mögliche Wechselwirkungen innerhalb der Lokalen Gruppe nicht berücksichtigt

Ausblick:

- ▶ Möglicherweise Entdeckung weiterer Satellitengalaxien
→ (an)isotropere Gesamtverteilung
- ▶ Genauere Bestimmung kinematische Eigenschaften
→ VTPD zeitlich stabil?
- ▶ Höhere Auflösung → verlässlichere Resultate

Mögliche Einwände:

- ▶ Starke Abhängigkeit der Analyse vom semianalytischen Galaxienentstehungsmodell
- ▶ Geringe Auflösung der Simulation
- ▶ Genaue Wahl der Selektionskriterien diskutierbar
- ▶ Andromedas Satellitensystem als isoliertes System betrachtet
→ mögliche Wechselwirkungen innerhalb der Lokalen Gruppe nicht berücksichtigt

Ausblick:

- ▶ Möglicherweise Entdeckung weiterer Satellitengalaxien
→ (an)isotropere Gesamtverteilung
- ▶ Genauere Bestimmung kinematische Eigenschaften
→ VTPD zeitlich stabil?
- ▶ Höhere Auflösung → verlässlichere Resultate

Mögliche Einwände:

- ▶ Starke Abhängigkeit der Analyse vom semianalytischen Galaxienentstehungsmodell
- ▶ Geringe Auflösung der Simulation
- ▶ Genaue Wahl der Selektionskriterien diskutierbar
- ▶ Andromedas Satellitensystem als isoliertes System betrachtet
→ mögliche Wechselwirkungen innerhalb der Lokalen Gruppe nicht berücksichtigt

Ausblick:

- ▶ Möglicherweise Entdeckung weiterer Satellitengalaxien
→ (an)isotropere Gesamtverteilung
- ▶ Genauere Bestimmung kinematische Eigenschaften
→ VTPD zeitlich stabil?
- ▶ Höhere Auflösung → verlässlichere Resultate

Mögliche Einwände:

- ▶ Starke Abhängigkeit der Analyse vom semianalytischen Galaxienentstehungsmodell
- ▶ Geringe Auflösung der Simulation
- ▶ Genaue Wahl der Selektionskriterien diskutierbar
- ▶ Andromedas Satellitensystem als isoliertes System betrachtet
→ mögliche Wechselwirkungen innerhalb der Lokalen Gruppe nicht berücksichtigt

Ausblick:

- ▶ Möglicherweise Entdeckung weiterer Satellitengalaxien
→ (an)isotropere Gesamtverteilung
- ▶ Genauere Bestimmung kinematische Eigenschaften
→ VTPD zeitlich stabil?
- ▶ Höhere Auflösung → verlässlichere Resultate