

Unglaublich, aber wahr: Die *Andromedagalaxie* ist jünger als das *Sonnensystem* [23. Feb.]

Bereits die Astronomen der Antike haben am Nachthimmel unser *Nachbarsternsystem*, die *Andromedagalaxie* (*Messier 31*, M31) beobachtet.

Im Jahr 964 beschrieb der persische Astronom *Abd al-Rahman al-Sufi* (al-Şūfī, alias *Alzophi*) [2], einer der bekanntesten praktischen Himmelsbeobachter, in seinem Buch der „*Fixsterne*“ erstmals schriftlich den großen Andromedanebel als „*kleine Wolke*“ (Abb. 1). Nach al-Sufis Beschreibung befindet sich M31 direkt vor dem Maul eines *Großen Fisches*, einem arabischen Sternbild. Sehr wahrscheinlich kannten die Astronomen aus dem persischen *Isfahan* diese kleine Wolke bereits vor dem Jahr 905. *Ptolemäus* beschreibt das Sternbild *Fisch* als 12. Sternbild des *Zodiakalkreises*.

Abb. 1
Zeichnerische Darstellung der „Kleinen Wolke“ durch al-Sufi.

Der persische Astronom al-Sufi beschrieb erstmals schriftlich die Position und das Aussehen der Andromedagalaxie [Buchstabe „A“] im heutigen Sternbild *Andromeda* (And), dem antiken persischen Sternbild „*Großer Fisch*“.

© www.messier.seds.org / I. Boulliau : *Ad astronomos monita duo* (Paris, 1667)

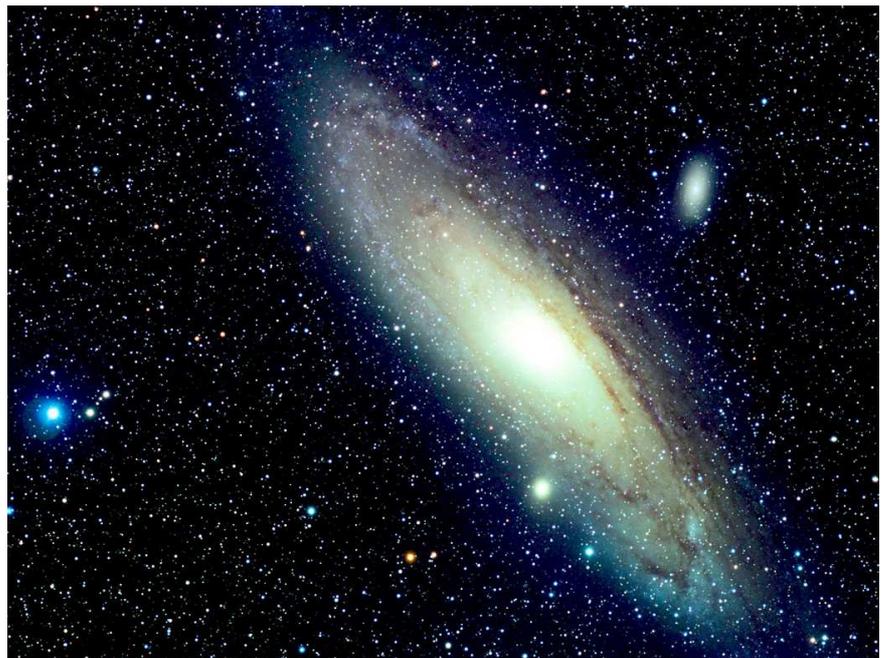


Aufgrund ihrer Nähe zur *Milchstraße* fanden die Wissenschaftler vor rund 100 Jahren heraus, daß M31 der Milchstraße ähnelt (Abb. 2).

Abb. 2
Die Andromedagalaxie.

Unsere Nachbargalaxie M31 kann bei dunklem Nachthimmel bereits mit dem bloßen Auge beobachtet werden. Im Fernglas zeigt sie sich als kleines Wölkchen, im Teleskop werden weitere Strukturen sichtbar. Im großen Teleskop erscheint M31 wie der große Bruder der Milchstraße, eine Spiralgalaxie mit einem *Staubband*. Die zentrale Ausbuchtung, der *Bulge*, ist überbelichtet. Die bläuliche Färbung entsteht durch junge, helle Sterne, die rötliche durch *Sternentstehungsgebiete* und *Gasnebel*. Links oberhalb ist eine *Begleitgalaxie* zu sehen.

© R. Crisp



Innerhalb der letzten Jahre wurde jedoch immer deutlicher, daß beide Spiralgalaxien doch unterschiedlicher sind als gedacht und sich in einigen Punkten wesentlich voneinander unterscheiden. **Beispiele für die Unterschiede** zwischen der Milchstraße und der Andromedagalaxie sind:

- die **zentrale Ausbuchtung (Bulge)** ist bei M31 wesentlich deutlicher ausgeprägt;
- M31 besitzt einen **massereichen Ring**, in dem *Sternentstehung* stattfindet; der Ring befindet sich rund 33.000 *Lichtjahre* vom Zentrum entfernt;
- in der Milchstraße befindet sich nur rund 10 Prozent der Sterne in einer **dicken Scheibe**, während die Scheibe von M31 insgesamt dick(er) ist;
- die Scheibe von M31 weist in einem bestimmten Bereich auf eine globale und deutliche **Sternentstehungsphase** vor rund 2-4 Milliarden Jahren;
- der **Halo von M31** ist einzigartig; er enthält beispielsweise einen *Riesigen Sternstrom*;
- dagegen ist der **Halo der Milchstraße** wesentlich gleichmäßiger und insgesamt gesehen ruhiger.

Die Andromedagalaxie bewegt sich zudem auf die Milchstraße zu: in rund 4,5 Milliarden Jahren werden die Milchstraße und die Andromedagalaxie sogar miteinander verschmelzen und eine neue riesige Galaxie, eine **Supergalaxie**, bilden [3].

Andromedas Alter

Bisher waren die Wissenschaftler davon ausgegangen, daß die beiden größten Galaxien der *lokalen Galaxiengruppe*, der *Lokalen Gruppe*, die Milchstraße und die Andromedagalaxie, gleich alt bzw. zum gleichen Zeitpunkt entstanden sind. Mit dieser Annahme kann man jedoch die offensichtlichen Unterschiede beider großer *Spiralgalaxien* nicht erklären.

Insbesondere der **Riesige Sternstrom von M31**, in dem sich Sterne mit unterschiedlichem Gehalt an *schweren chemischen Elementen* befinden, wäre für eine alte Galaxie ein nicht erklärbares Merkmal; der Sternstrom ist so jung, daß er nur durch eine großskalige Kollision zustande gekommen sein kann.

Tatsächlich stellt sich nun heraus, daß sich Andromedagalaxie in einem wichtigen Punkt völlig von der Milchstraße entscheidet. Einer Studie französischer und chinesischer Astronomen zufolge entstand die Andromedagalaxie aus einer riesigen **Verschmelzung zweier Galaxien**, die jedoch erst vor weniger als 3 Milliarden Jahren stattfand [4].

Das bedeutet, **M31 ist jünger als unser Sonnensystem** und zwar um 1,5 Milliarden Jahre!

Die neue Studie basiert auf umfassenden jahrelangen Beobachtungen, die erhebliche Unterschiede zwischen der Milchstraße und der Andromedagalaxie fanden.

Das 1. Argument

Die erste Datensammlung aus dem Zeitraum 2006-2014 zeigt, daß M31 in der Scheibe **Unmengen junger Sterne** enthält, deren Alter auf weniger als rund 2 Milliarden Jahre geschätzt wird, die **zufällige großskalige Bewegungen** zeigen. Im Unterschied hierzu bewegen sich die Scheibensterne der Milchstraße in einer *einfachen Rotation* um das *Zentrum der Galaxis*.

Das 2. Argument

Beobachtungen mit dem CFHT (*French-Canadian Hawaiian Telescope*) aus dem Zeitraum 2008-2014 zeigen **Anomalien im Halo** der Andromedagalaxie. Der Halo einer Galaxie ist üblicherweise relativ leer; dort tummeln sich wenige *Kugelsternhaufen*, die aus alten Sternen bestehen. Der Halo von M31 ist riesig, etwa 10 mal größer als die Galaxie selbst; dort befinden sich **riesige Sternströme**. Der bekannteste dieser Sternströme, der „Riesige Strom“ (*Giant Stream*), besteht aus einer *verdrehten Scheibenstruktur* innerhalb des Halos, die an ihren Rändern Schalen und Klumpen aus Materie (Sternen) besitzt.

Die Datenauswertung

Aus der enormen Datensammlung bastelte das franco-chinesische Team mithilfe der beiden größten französischen Supercomputeranlagen, dem *MesoPSL* des *Observatoire de Paris* und dem *IDRIS-GENCI* des CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*), ein detailliertes **Modell der Andromedagalaxie**. Dabei kamen die Forscher zu dem Ergebnis, die betreffenden Beobachtungen können lediglich schlüssig erklärt werden, wenn M31 in der jüngeren Vergangenheit einer **Kollision** unterlegen sei [4].

Das Modell sieht folgendes **Szenario** für das heutige Aussehen von M31 vor:

Vor rund 7-10 Milliarden Jahren bestand M31 aus zwei Galaxien, die sich auf einer Bahn um einen *gemeinsamen Schwerpunkt* befanden. Die **Kollision beider Galaxien** fand vor rund 1,8-3 Milliarden Jahren statt. Daraus entstand die Andromedagalaxie wie wir sie heute beobachten. Daher muß die Andromedagalaxie jünger sein als unser *Planetensystem*, das bereits vor rund 4,6 Milliarden Jahren entstand.

Die Forscher können sogar die **Masseverteilung** der beiden an der Kollision beteiligten Galaxien berechnen, die später zur Andromedagalaxie verschmolzen sind. Die Größere der beiden übertraf das kleinere Sternsystem und etwa das Vierfache.

Das **Computermodell** kann den detaillierten Aufbau von M31 simulieren, darunter den *Bulge* (zentrale Ausbuchtung), den (zentralen) *Balken*, die riesige Sternscheibe (mit den *Spiralarmen*) und die Anwesenheit der vielen jungen Sterne sowie Strukturen im Halo (Abb. 3, 4).

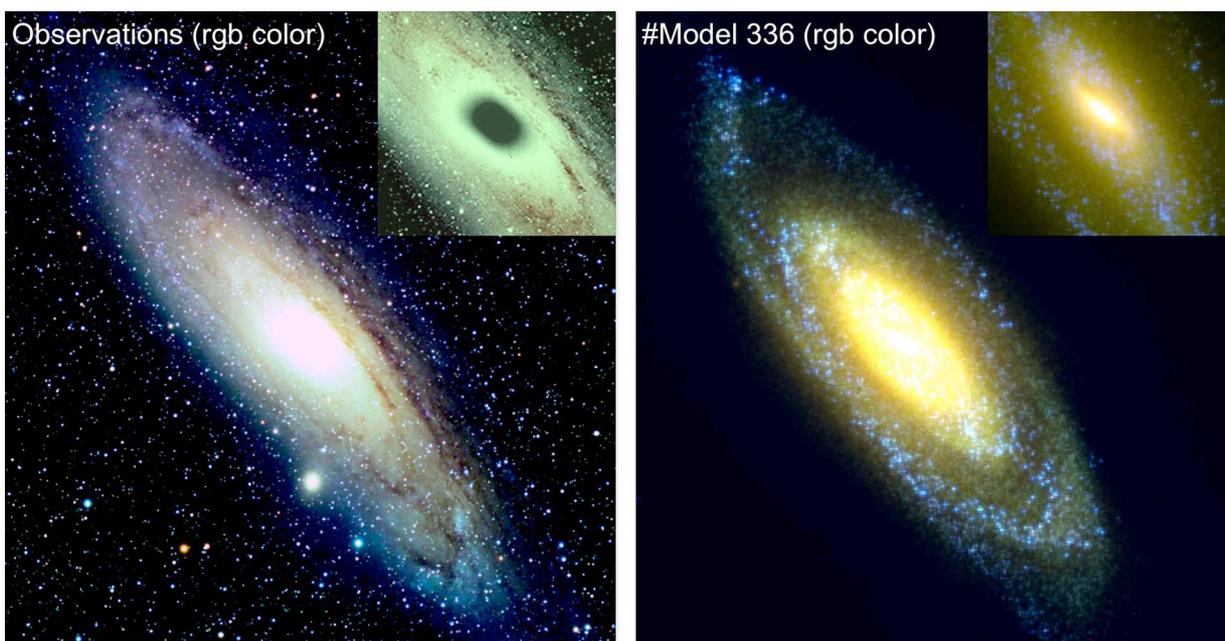


Abb. 3 Die Andromedagalaxie – Vergleich Beobachtung und Simulation.

In dem neuen Modell entstand die Andromedagalaxie erst kürzlich durch die Kollision einer großen mit einer kleineren Galaxie. Mit dieser Theorie können bisher ungeklärte Beobachtungen erklärt werden, beispielsweise Anomalien im Halo der Nachbargalaxie. – Rechts: Die Computersimulation zeigt das Ergebnis mit 24 Millionen Teilchen. – Links: Die Andromedagalaxie in Realfarben. – Oben links bzw. rechts: Die Simulation kann sogar den zentralen Balken der Galaxie reproduzieren (links: dunkel; rechts: gelblich) sowie die Sternentstehungsgebiete, die am Rand der Scheibe junge, bläulich leuchtende Sterne enthalten.

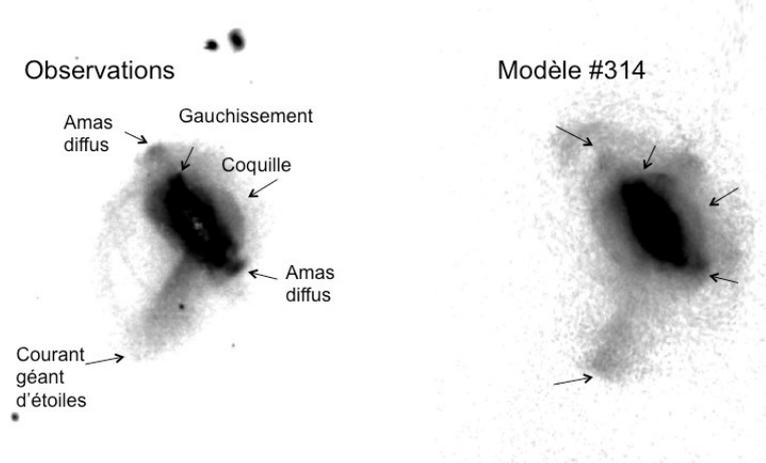
© Richard Crisp // Observatoire de Paris - PSL // Hammer et al. 2016

Abb. 4

Modellierung des Halos von M31.

Das neue Modell zur Entstehung der Andromedagalaxie kann sogar Strukturen und Anomalien im Halo der Galaxie erklären. – Links: Beobachtungen (*Observations*: diffuse Haufen/*Amas diffus*, großer Sternstrom/*Courant géant d'étoiles*, Verwölbung/*Gauchissement*); rechts: Die Simulation kann die Mehrheit der beobachteten Strukturen reproduzieren und ihren Ursprung erklären.

© Observatoire de Paris – PSL // Hammer et al. 2016



Ursprung der jungen Sternpopulation

Bisher konnten die Wissenschaftler die zahlreichen jungen, bläulich leuchtenden Sterne der Scheibe von M31 nicht erklären; gemäß der neuen Studie jedoch sind sie eine Folge der Kollision; nach dem Zusammenstoß der beiden Galaxien erfolgte eine **Periode intensiver Sternentstehung**. Die dabei entstandenen jungen Sterne leuchten bläulich.

Strukturen wie der „Riesige Strom“ sowie die *Schalenstruktur* im Halo von M31 gehören höchstwahrscheinlich zu der kleineren der beiden kollidierten Galaxien; dagegen stammen die diffusen Klumpen und die Verbiegung des Halo von dem Einfluß der größeren Galaxie.

Die Studie erklärt zudem, weshalb die an der Kollision beteiligte kleine Galaxie so wenige schwere Elemente besitzt. Wahrscheinlich war die kleine Galaxie nicht besonders schwer, daher besaß sie weniger Sterne, die im Laufe ihrer Entwicklung weniger schwere Elemente erzeugt haben.

Animationen zur Erklärung der Entstehung unserer Nachbargalaxie finden Sie unter [5].

Fazit

Gemäß eines hierarchischen Szenarios entstehen Galaxien durch die Kollision und Verschmelzung mit kleineren Sternsystemen; dafür ist M31 möglicherweise eines der besten Beispiele. Zwar kann das neue Computermodell die Mehrheit der großskaligen Eigenschaften der Andromedagalaxie erklären, dennoch kennen wir nicht ihre gesamte (Entstehungs)Geschichte.

Sehr wahrscheinlich entstand die heute beobachtbare Andromedagalaxie durch eine **Kollision vor 1,8-3 Milliarden Jahren**; hierauf folgte eine intensive **Phase der Sternentstehung**, die sich in der Gegenwart in einer **Ringstruktur** in rund 30.000 Lichtjahren vom Zentrum und einem **Riesigen Sternstrom** bemerkbar macht.

Allerdings enthält das Modell keine Aussage über **weitere, kleinere Wechselwirkungen**, beispielsweise mit der *Galaxie M33*, was sich in einer *Materiebrücke* zwischen beiden Galaxien bemerkbar macht. Möglicherweise fanden beide Ereignisse im gleichen Zeitraum statt.

Diese und weitere Strukturen und Eigenschaften von M31 - wie beispielsweise Verdrehungen und Materieklumpen - zeugen definitiv von **gravitativen Wechselwirkungen in der Vergangenheit**. Weitere und genauere Aussagen, beispielsweise zur Herkunft der weiteren (jungen) Sternströme, erfordern Simulationen mit mindestens 16 mal mehr Teilchen als in dieser Studie.

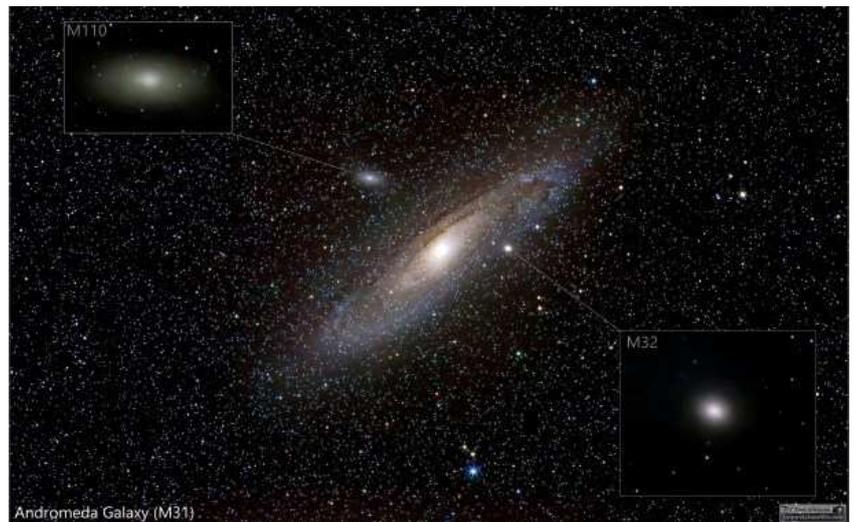
Nun sind die Forscher auf der Suche nach *Sternrückkehrern*, die sich möglicherweise im Halo von M31 befinden, und das neue Szenario unterstützen könnten; allerdings wären diese Sterne wahrscheinlich sehr lichtschwach. Offen bleibt zunächst ebenfalls die Frage, ob weitere kleine Galaxien in der Nähe ebenfalls von der Kollision betroffen waren und welchen Einflüssen sie unterlagen. (Abb. 5)

Könnte es sich bei den klumpigen Strukturen in M31 um **ehemalige Zwerggalaxien** bzw. *Begleitgalaxien* handeln, die durch die Kollision zerstört wurden?

Abb. 5

Die Andromedagalaxie M31 und ihre Begleitgalaxien M32 und M110.
Die *Satellitengalaxien M32* und *M110* könnten ebenfalls von einer Kollision, bei der M31 entstand, betroffen gewesen sein.

© NASA



Aussichten

Die Bedeutung der Studie liegt nicht nur in der Altersbestimmung der Andromedagalaxie, sondern auch in Einblicken in die Entstehung und Entwicklung der Sterne unserer Galaxis, denn es handelt sich um die erste numerische Simulation, die eine große Galaxie tatsächlich detailgenau darzustellen vermag.

In diesem Zusammenhang ist interessant, daß bei der Kollision Material in die Lokale Galaxien-gruppe geschleudert worden sein könnte und damit eine großskalige Auswirkung gehabt hätte.

Beeindruckend hierbei ist die Leistung der modernen Teleskope und Detektoren, die derartig detaillierte Beobachtungen erst ermöglichen, sowie deren Kombination mit Hochleistungs-rechnern und neuen Algorithmen, die die in der Studie verwendeten detaillierten Modelle unterstützen.

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter **kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu**

Ihre
IG Hutzi Spechtler – Yasmin A. Walter

Quellenangaben:

[1] Mehr Information über astronomische Begriffe
www.wikipedia.de

[2] Mehr Information über den persischen Astronomen al-Sufi
https://researchonline.jcu.edu.au/28854/1/28854_Hafez_2010_Chapters_1_to_4_thesis.pdf
Seite 164
<https://dl.wdl.org/18412/service/18412.pdf> (Arabisch)

[3] Mehr Information über die Kollision der Milchstraße mit der Andromedagalaxie
<http://theskyatnight.de/sites/default/files/kollisionen%20der%20milchstrasse%20-%20jul%202017%20-%20TSAN.pdf>

[4]
<https://www.obspm.fr/the-formation-of-the.html?lang=fr>
Hammer, F., et al., *MNRAS* (2018)

[5] Animationen der Entstehung der Andromedagalaxie
https://www.youtube.com/watch?v=zz86Dd_L7HY
und den großen Sternstrom
<https://www.youtube.com/watch?v=exetDytuUYQ>