

Die Masse der Milchstraße [28. März]

Die Milchstraße [1] besteht ganz grob aus drei Bereichen (Abb. 1):

(a) dem Halo [1], der die Galaxis [1] wie eine Hülle umgibt; er besteht vorwiegend aus alten Sternen, jedoch ist er im Vergleich zur Gesamtmasse der Milchstraße ein Leichtgewicht. Der Halo trägt mit nur rund einem Prozent zur Masse der Milchstraße bei;

(b) den Spiralarmen [1], in denen sich neue Sterne bilden, junge massereiche Sterne befinden sowie Unmengen von Gas und Staub [1]; die Masse der Spiralarme kann man relativ gut schätzen; und

(c) dem sog. Bulge, der zentralen Ausbeulung der Galaxis. Der Bulge besteht aus alten und massereichen Sternen.

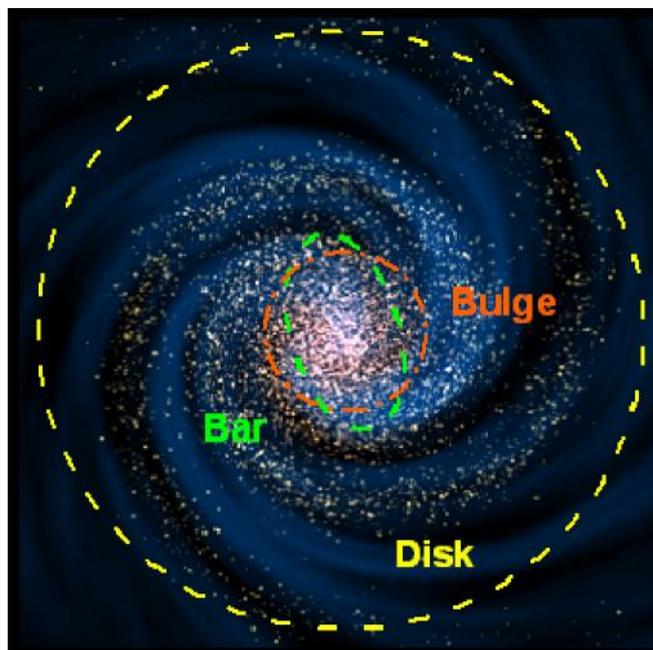


Abb. 1 Schematische Darstellung der Milchstraße.

Die Milchstraße besteht aus einem zentralen, 3-dimensionalen Bulge (orange), einer Balkenstruktur (grün) und einer Scheibe mit Spiralarmen (gelb und blau).

© kof.zcu.cz

Der Bulge

Die Masse des Bulge kennt man nicht genau. Die Schätzungen reichen von etwa 6 Milliarden bis rund 20 Milliarden Sonnenmassen [1]. Trotz der grossen Unsicherheit muss die Masse des Bulge rund ein Fünftel der Gesamtmasse der Milchstraße betragen und etwa 10 Mal grösser sein als die des Halo.

Das Alter der Bulge-Sterne ist ebenfalls strittig; jedoch stimmen sämtliche Schätzungen darin überein, dass die in im Bulge enthaltenen Sterne rund 10 Milliarden Jahre alt sind. Der alte massereiche Bulge kann bis zu den lichtschwächsten Sternen beobachtet werden. Der Durchmesser des Bulge wird auf rund 6.000-10.000 Lichtjahre (Lj) [1] geschätzt.

## Der Bulge und der zentrale Balken

Die Idee eines zentralen Balkens im inneren Bereich der Milchstrasse ist nicht neu (Abb. 2): erste Hinweise auf einen Balken im Bereich des Bulge fand man bereits vor rund 50 Jahren aufgrund von Gasbewegungen, die keine kreisförmige Bahn um das Zentrum der Milchstrasse [1] ausführen. Den ersten Beweis für die Existenz eines galaktischen Balkens fand man mithilfe von Radiobeobachtungen [1] vor rund 25 Jahren.

Der zentrale Balken der Milchstrasse dominiert die Bahnen der dort befindlichen Sterne sowie die Bewegung des kalten Gases im inneren Teil der Galaxis. Um die Bewegung und Entwicklung der inneren Bereiche der Milchstrasse zu verstehen, ist das Verständnis der Balkenstruktur von zentraler Bedeutung.

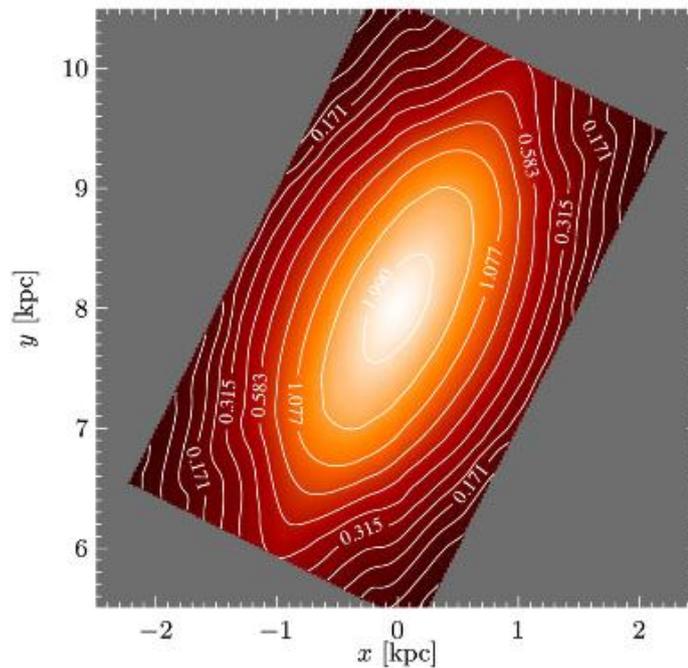


Abb. 2 Schematische Darstellung des inneren Bereichs der Milchstrasse.

Der galaktische Balken macht sich als definierte Ansammlung alter rötlicher Sterne (heller Bereich in der Bildmitte) bemerkbar. Die Zahlen entsprechen den beobachteten Dichten der Sterne. Je heller bzw. gelber der Bereich, desto mehr alte Sterne befinden sich dort.

(Abmessungen in Kiloparsec\* = kpc; 1 kpc = 1.000 parsec [1] = 3.260 Lj).

© [2]

Die Struktur des galaktischen Bulge wurde bereits vor rund 20 Jahren mithilfe des COBE-Satelliten [1] untersucht. Die Forscher, die die erste Beobachtung des Balkens für sich beanspruchen, entdeckten bereits damals einen Zusammenhang des galaktischen Balkens mit einer erdnuss- bzw. X-förmigen Struktur (Abb. 3) in den COBE-Daten.

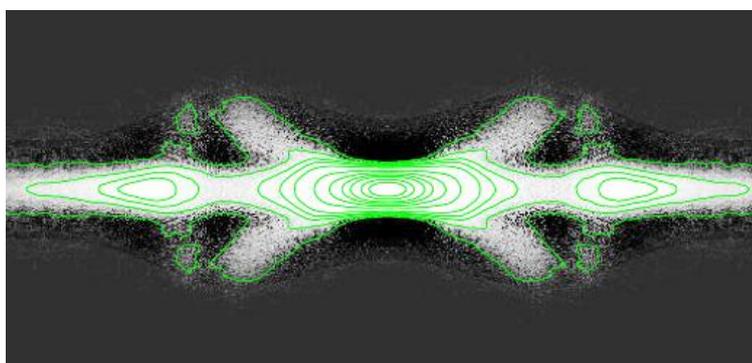


Abb. 3 Schematische Darstellung der Erdnuss- bzw. X-Form des galaktischen Balkens.  
 Der Balken im Zentrum der Galaxis macht sich durch seitliche Ausbeulungen bemerkbar, die einer Erdnuss bzw. dem Buchstaben X ähneln.  
 © E. Athanassoula (2015)

Diese erdnussartige bzw. X-Form findet sich auch im Bulge zahlreicher anderer Galaxien, beispielsweise den Galaxien ESO 151-0004 [1] oder NGC 4314K [1] (Abb. 4).

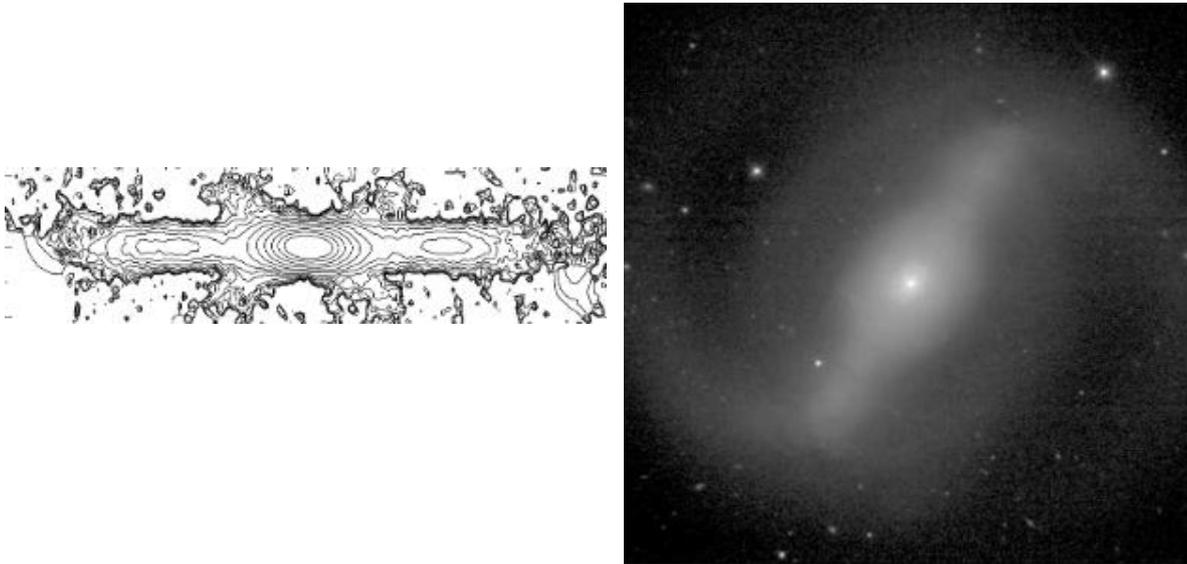


Abb. 4 Erdnussartige bzw. X-Form des zentralen Bulge von Galaxien.  
 Die erdnussartige bzw. X-Form der zentralen Bereiche des Bulge findet sich bei zahlreichen Galaxien, beispielsweise der Galaxie ESO 151-0004 [1] (im Radiobereich, links) oder der Galaxie NGC 4314K [1] (im Optischen, rechts).  
 © E. Athanassoula (2015)

Vor wenigen Jahren entdeckten Wissenschaftler diese erdnussartige Struktur (Abb. 3) innerhalb des Bulge erneut; sie ähnelt Strukturen wie sie typischerweise in Balkenspiralgalaxien [1] vorkommen.

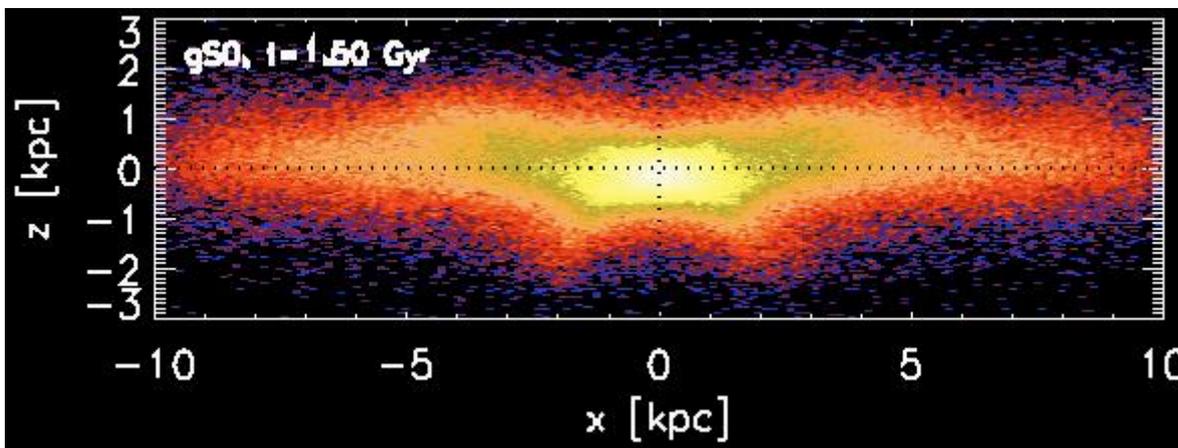


Abb. 5 Simulation der beobachteten erdnussförmigen Form des galaktischen Balkens.  
 Die Simulation verdeutlicht die beobachtete erdnussartige Form (orange-rötliche Färbung) des galaktischen Balkens. Abstände in Kiloparsec\* (kpc).  
 © I. Minchev

## Neue Messungen

Neue Beobachtungen der Dichte (alter) roter Sterne im äusseren Bulge der Milchstrasse wiesen im letzten Jahr auf eine X-förmige Verteilung dieser Objekte. Die in dieser Struktur enthaltenen Sterne tragen wahrscheinlich mit rund 45 Prozent zur Masse des Bulge bei.

Die X-Form des galaktischen Bulge ähnelt Aufnahmen von Balkenspiralgalaxien. Die Analyse der X-förmigen Struktur, die der erdnussförmigen Struktur zugrunde liegt, entsteht in Computersimulationen durch Instabilitäten der Scheibe und könnte auf ein Wachstum der Balkenstruktur hinweisen. Das bedeutet, der zentrale Balken hat sich erst im Laufe der Entwicklung der Milchstrasse gebildet.

Die X-förmige Struktur des Bulge wird bereits auf "normalen" Aufnahmen des WISE-Satelliten [1] deutlich (Abb. 6). WISE beobachtete unter anderem die zentralen Bereiche der Milchstrasse im Infrarotbereich [1].

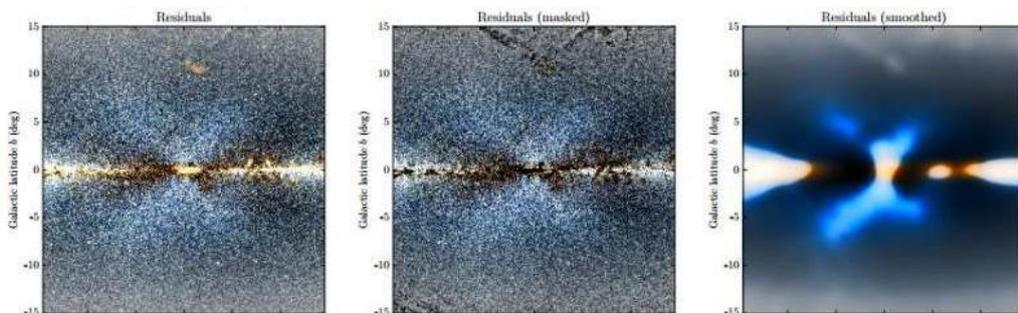


Abb. 6 Aufnahmen der X-förmigen Struktur des galaktischen Bulge.

Um die Ebene der Milchstrasse zeigt sich in Aufnahmen des WISE-Satelliten eine sich nach oben und unten ausgedehnte Struktur. Links und Bildmitte: Simulation der Beobachtungen des WISE-Satelliten zur Verdeutlichung der X-förmigen Struktur des galaktischen Bulge. - Rechts: Falschfarbendarstellung der X-förmigen Struktur.

© M. Ness/D. Lang (2016)

## Der innere Balken

Etwa ein Drittel aller Balkengalaxien enthalten neben einem Hauptbalken auch sekundäre innere Balken. Ob es sich im inneren Bereich der Milchstrasse um einen Doppelbalken handelt ist strittig. Erste Hinweise auf einen sekundären Balken fand man bereits vor 10 Jahren. Der potentielle sekundäre bzw. innere Balken der Milchstrasse besitzt eine Ausdehnung von rund 3.200 Lichtjahren und enthält wahrscheinlich rund 2-5 Milliarden Sonnenmassen.

Bereits im Jahr 2001 wurden Strukturen der 2MASS-Sternzählungen [1] als kleiner Balken im Zentrum der Galaxis gedeutet, der zusätzlich zum Hauptbalken und dem inneren Balken existiert. Der Hauptbalken rotiert im gleichen Drehsinn wie der innere Balken: beide Balken rotieren mit gleicher Geschwindigkeit.

## Noch mehr Balkenstrukturen

Nun wurden Hinweise auf die Existenz einer Struktur gefunden, die einen Durchmesser von rund 750 Lichtjahren besitzt, sowie eines längeren (Abb. 7) und eines dünneren Balken, zusätzlich zum Hauptbalken [2, 3]. Die neu

gefundene, dünne Balkenstruktur besitzt eine Ausdehnung von rund 620 Lichtjahren, die superdünne Komponente von rund 150 Lichtjahren.

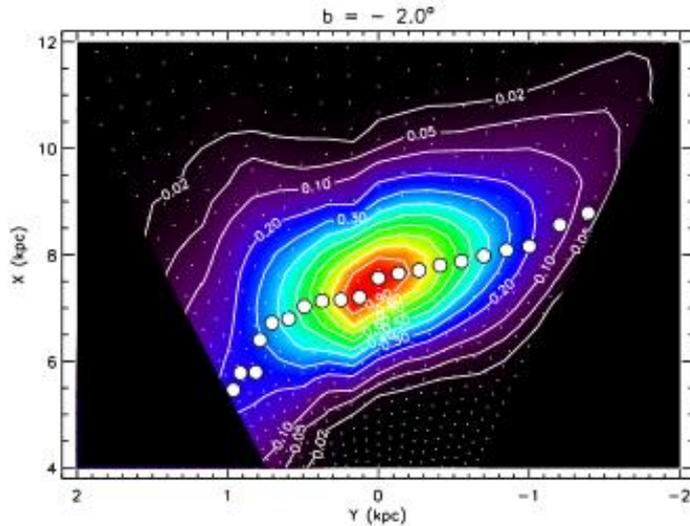


Abb. 7 Schematische Darstellung des langen Balkens der Milchstrasse.  
Neben dem Hauptbalken existiert in der Milchstrasse ein langer Balken, dessen Ausdehnung wesentlich grösser als der Hauptbalken ist. Der lange Balken reicht über den galaktischen Bulge hinaus.

© [2]

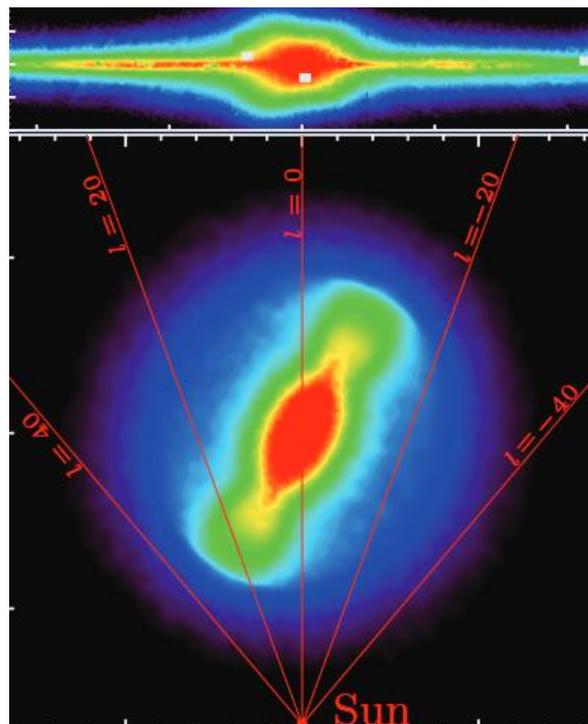


Abb. 8 Die Schiefelage des langen Balkens gegenüber der Ebene der Milchstrasse  
Der lange Balken ist gegenüber der Scheibe der Milchstrasse geneigt und befindet sich parallel zum galaktischen Bulge.

© [6]

Der lange Balken ist gegenüber der Ebene der Scheibe der Milchstrasse um rund 28-33 Grad geneigt (Abb. 8) und befindet sich in der Richtung des galaktischen Bulge. Die Ausdehnung des langen Balkens beträgt rund 16.000 Lichtjahre [6]. Einige Abschätzungen gehen davon aus, dass der Hauptbalken

(COBE) viel dicker als der lange Balken ist, möglicherweise bis zu einem Faktor 10.

Der dünne Balken könnte ein Gegenstück zur dünnen Scheibe [1] der Milchstrasse sein, in der sich unsere solare Nachbarschaft befindet; die superdünne Struktur schreibt man jüngeren Sternen (Alter rund 1 Milliarde Jahre) am Ende des Balkens zu.

#### Interpretation

Nach Ansicht einiger Wissenschaftler könnte es sich bei dem langen und dem Hauptbalken (dicker Balken, COBE) um zwei Teile der gleichen Struktur handeln - obwohl sie gegeneinander verdreht sind. Der erdnussförmige Bulge könnte die Verlängerung des längeren Balkens sein.

Für den zentralen Bereich der Milchstrasse zeichnet sich ein Szenario ab, das nicht mehr aus einem dreiaxigen Bulge mit zwei flachen Balkenstrukturen besteht, die eine voneinander verschiedene Orientierung besitzen, sondern vielmehr, dass es sich bei dem langen Balken lediglich um die Verlängerung des Hauptbalkens handelt.

Die Untersuchung der Balkenstruktur im Bulge der Milchstrasse wird die Forscher in den nächsten Jahren weiter beschäftigen.

Die beobachtete X-Form des galaktischen Bulge und unterschiedlicher Balkenstrukturen beinhaltet wichtige Hinweise in Bezug auf die Entstehung der Milchstrasse und Spiralgalaxien im allgemeinen.

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter [kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu](mailto:kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu)

Ihre  
IG Hutzi Spechtler – Yasmin A. Walter

#### Quellenangaben:

[1] Mehr Information über Objekte des Sonnensystems und astronomische Begriffe  
[www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

[2] Zoccali, M., Valenti, E., PASA (Oct 2015)

[3] Valenti, E., et al., A&A 587 (2016)

[4] Calamida, A., et al., ApJ 810 (01 Sept 2015)

[5] Ness, M., Lang, D., MPE (2015)

[6] Wegg, Ch., et al., MNRAS (Apr 2015)