



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## The extraordinary structural evolution of massive galaxies

Szomoru, D.

### Citation

Szomoru, D. (2013, November 21). *The extraordinary structural evolution of massive galaxies*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/22339>

Version: Corrected Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/22339>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/22339> holds various files of this Leiden University dissertation.

**Author:** Szomoru, Daniel

**Title:** The extraordinary structural evolution of massive galaxies

**Issue Date:** 2013-11-21

## NEDERLANDSE SAMENVATTING

Sinds het ontstaan van de moderne sterrenkunde hebben observaties van verre sterrenstelsels een grote rol gespeeld in het testen van kosmologische modellen en in het blootleggen van gebreken in ons begrip van het heelal. Sterrenstelsels volgen de verdeling van (donkere) materie in het heelal, en kunnen daarom gebruikt worden om informatie te verkrijgen over de inhoud van het heelal. Ze worden omringd door grote hoeveelheden gas, donkere materie, en kleine satellietstelsels; in feite fungeren ze als vuurtorens die de drukke gebieden in het heelal aangeven. Omdat ze gevoelig zijn voor een grote variëteit aan fysieke processen vervullen ze een rol als kosmische laboratoria, waar deze processen in detail kunnen worden bestudeerd.

Vroege classificaties van sterrenstelsels in de buurt van onze Melkweg waren grotendeels gebaseerd op het uiterlijk van deze stelsels. Sterrenstelsels kunnen grofweg worden opgedeeld in platte schijfstelsels aan de ene kant, en bolvormige ("elliptische") stelsels aan de andere kant. Tussen deze twee extremen ligt een verscheidenheid aan tussenvormen die een combinatie van een schijfcomponent en een bolcomponent bevatten. Al sinds lange tijd is het duidelijk dat de structuur van een sterrenstelsel sterk samenhangt met het soort sterren in het stelsel; schijfstelsels vormen over het algemeen veel nieuwe sterren, terwijl elliptische stelsels overwegend oude sterren bevatten. Correlaties tussen de verschillende eigenschappen van sterrenstelsels kunnen waardevolle informatie geven over de processen die hebben bijgedragen aan hun vorming.

Observaties van de huidige staat van sterrenstelsels geven echter een onvolledig beeld; het heelal bestaat immers al bijna 14 miljard jaar. Om het ontstaan en de groei van sterrenstelsels te kunnen begrijpen is het daarom belangrijk om ook naar het vroege heelal te kijken. Sinds een paar decennia is het mogelijk om dit op grote schaal te doen. In die tijd is duidelijk geworden dat sterrenstelsels tijdens hun leven behoorlijk wat veranderingen ondergaan, bijvoorbeeld door nieuwe sterren te vormen of door te botsen met andere sterrenstelsels. Deze processen hebben veel invloed op de structuur van sterrenstelsels en op hun inhoud (bijvoorbeeld de verhouding tussen gas en sterren, of de hoeveelheid zware elementen).

Verre sterrenstelsels zijn moeilijk te bestuderen; vanwege hun grote afstand lijken ze erg klein en zijn ze lichtzwak. Zeer gevoelige detectoren met hoge resolutie zijn nodig om nauwkeurige metingen te kunnen maken, en zelfs dan zijn de resultaten erg gevoelig voor fouten. Het hoofdthema van dit proefschrift - de groei van sterrenstelsels in de laatste 10 miljard jaar - heeft al een aantal jaren veel aandacht gekregen, omdat de snelheid waarmee stelsels lijken te groeien veel groter is dan in eerste instantie was verwacht. Vooral de snelle groei van "passieve" sterrenstelsels, waarin vrijwel geen nieuwe sterren worden gevormd, heeft veel vragen opgeroepen: hoe kunnen deze stelsels zo snel groeien? Hoe past dit in ons idee van structuurvorming in het heelal, en hoe is deze groei gekoppeld aan kosmologische veranderingen? Maar even belangrijk is de vraag: kloppen de observaties wel, en weten we

eigenlijk wat we precies meten?

Het onderzoek dat in dit proefschrift is beschreven is hoofdzakelijk uitgevoerd met data van de Wide Field Camera 3 (WFC3), een nabij-infrarood-detector op de Hubble Space Telescope. Dit instrument is gevoelig voor licht met golflengtes tussen 1000 - 2000 nanometer. Dit is van belang omdat het licht van verre sterrenstelsels zo sterk wordt roodverschoven (vergelijkbaar met het Doppler-effect voor geluid), dat gewone detectoren maar een beperkt deel van het licht van deze stelsels kunnen detecteren. Sinds de montage van WFC3 op de Hubble Space Telescope zijn er een aantal grote observatieprogramma's mee uitgevoerd, waarvan de data vrij te verkrijgen is. In dit proefschrift wordt uitvoerig gebruik gemaakt van deze data, met name van de allerdiepste opnames.

In dit proefschrift worden drie onderwerpen behandeld. Allereerst wordt gekeken naar de groottes van passieve sterrenstelsels, en de veranderingen tussen nu en 10 miljard jaar geleden. Vanwege de grote afstand tussen ons en de vroegste sterrenstelsels is het zeer moeilijk om betrouwbare metingen te doen. Met name de groottes van deze stelsels zouden door meerdere effecten kunnen worden onderschat. Uit het onderzoek in dit proefschrift blijkt dat dit niet het geval is, en dat sterrenstelsels in het vroege heelal gemiddeld bijna 4 keer zo klein waren als vergelijkbare stelsels nu zijn. Echter, in veel opzichten waren passieve sterrenstelsels 10 miljard jaar geleden al heel vergelijkbaar met huidige stelsels: ze waren bolvormig, hadden een egale verdeling van sterren, en produceerden vrijwel geen nieuwe sterren. De structuur van de kernen van huidige elliptische stelsels toont sterke overeenkomsten met vroegere elliptische stelsels. Dit suggereert dat deze stelsels van binnen naar buiten groeien; gedurende hun leven trekken ze materiaal uit hun omgeving aan, dat als uien schillen rondom de oude kern komt te liggen.

Ten tweede wordt op een meer algemene manier gekeken naar het vroege heelal, door de structuur van alle soorten sterrenstelsels te bestuderen - zowel stervormende als passieve stelsels. De correlaties die in het nabije universum zo bekend zijn blijken vroeg in het heelal al tot stand te zijn gekomen. De actiefst stervormende stelsels waren 10 miljard jaar geleden ook al blauwer, groter, en meer schijfvormig dan passieve stelsels. Het belangrijkste resultaat van dit deel van het proefschrift is dat sterrenstelsels - zowel vroeger als nu - vrijwel altijd relatief rode kernen hebben. Dit betekent dat de oudste sterren altijd in het centrale gedeelte van sterrenstelsels liggen, en ondersteunt het idee dat de kernen van sterrenstelsels vroeg ontstaan, waarna extra materiaal er geleidelijk omheen komt te liggen.

Dit resultaat heeft belangrijke consequenties voor de structuur van sterrenstelsels. Om de opbouw van sterrenstelsels goed te begrijpen is het belangrijk om te weten hoe de massadistributie binnen sterrenstelsels eruit ziet. Jonge sterren stralen over het algemeen meer licht uit dan oude sterren, maar dragen niet evenveel bij aan de totale massa van een stelsel. Aangezien de kernen van sterrenstelsels over het algemeen veel oude sterren bevatten zullen ze relatief veel bijdragen aan de totale massa van het stelsel, maar relatief weinig aan het totale licht. Dit zorgt ervoor dat de lichtdistributie die wij meten minder geconcentreerd is dan de massadistributie, en dus geen goed beeld geeft van de werkelijke structuur van een sterrenstelsel. Gemiddeld is de massadistributie van sterrenstelsels maar liefst 25% compacter dan de lichtdistributie.

Tenslotte worden de voorspellingen van theoretische modellen vergeleken met observaties, om licht te werpen op de processen die de groei van sterrenstelsels veroorzaken. Eenvoudige modellen blijken de relatieve groei van sterrenstelsels goed te reproduceren. In deze modellen ontstaan sterrenstelsels als platte ronddraaiende schijven, en kunnen ze door botsingen met andere stelsels of door interne instabiliteit omgevormd worden tot bolvormige stelsels. Zo blijkt dat de groei van sterrenstelsels volgt uit een paar eenvoudige principes en dat veel van de details van de modellen hier vrij weinig invloed op hebben.

