



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Exploring the interactions of M dwarf winds and cosmic rays

Mesquita, A.L.

Citation

Mesquita, A. L. (2022, October 25). *Exploring the interactions of M dwarf winds and cosmic rays*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3484534>

Version: 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/1887/3484534>

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

Nederlandse Samenvatting

In dit proefschrift heb ik de interactie tussen M dwerg winden en galactische kosmische straling en hun mogelijke effecten op de bewoonbaarheid van exoplaneten onderzocht. Fig. 1 toont een schema dat het hier bestudeerde systeem samenvat. De interactie tussen het interstellair medium en de stellaire wind creëert een gebied rond de ster dat de astrosfeer wordt genoemd. Buiten de astrosfeer diffunderen Galactische kosmische stralen door de Melkweg en hun intensiteit wordt beschreven door de lokale interstellair spectrumwaarden. Om door de astrosfeer te dringen, moeten galactische kosmische stralen de gemagnetiseerde sterrenwind overwinnen. Eenmaal in de astrosfeer kunnen galactische kosmische stralen interageren met planeten die rond de ster draaien. De belangrijkste parameters om dit systeem te beschrijven zijn de eigenschappen van de stellaire wind, de eigenschappen van het interstellair medium (ISM) en de beschrijving van het transport van kosmische straling.

M dwergen, die bewoonbare zones in de buurt hebben, zijn de perfecte kandidaten voor observaties van mogelijk bewoonbare exoplaneten. Hun winden zijn echter zwak en uitdagend om te observeren. In dit proefschrift heb ik numerieke simulaties gebruikt om de sterwinden van Mdweren te beschrijven. In het bijzonder heb ik een 1D MHD Alfvén-golfgedreven windmodel gebruikt waarin de stellaire wind wordt verwarmd en versneld door Alfvén golven die aan de basis van de wind worden gegenereerd. De simulatieruimteparameter wordt beperkt door gebruik te maken van waarneembare parameters, zoals massaverliessnelheid, röntgenhelderheid en magnetisch veld. Observatiebeperkingen zijn niet altijd beschikbaar en soms zijn ze niet voldoende om mogelijke degeneratie in de modellen te overwinnen. Dat is het geval met GJ 436 stellaire wind, besproken in Hoofdstuk 2. Door gebruik te maken van röntgenwaarnemingen werd de massaverliessnelheid van GJ 436 tot een bovengrens beperkt ($\dot{M} < 7.6 \times 10^{-15} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$). Deze bovengrens zou echter kunnen worden gereproduceerd door verschillende waarden van het stellaire magnetische veld. Dit laat zien hoe belangrijk observatiebeperkingen zijn om sterrenwindmodellen te beschrijven.

Stellaire windmodellen geven ons informatie over de windeigenschappen, zoals magnetisch veld, eindsnelheid en massaverlies. Gecombineerd met ISM-eigenschappen binnen elke ster, kan de astrosfeerafstand worden geschat. Hoofdstukken 3, 4 en 5 laten de diversiteit zien van astrosferische afmetingen die gevonden worden binnen verschillende

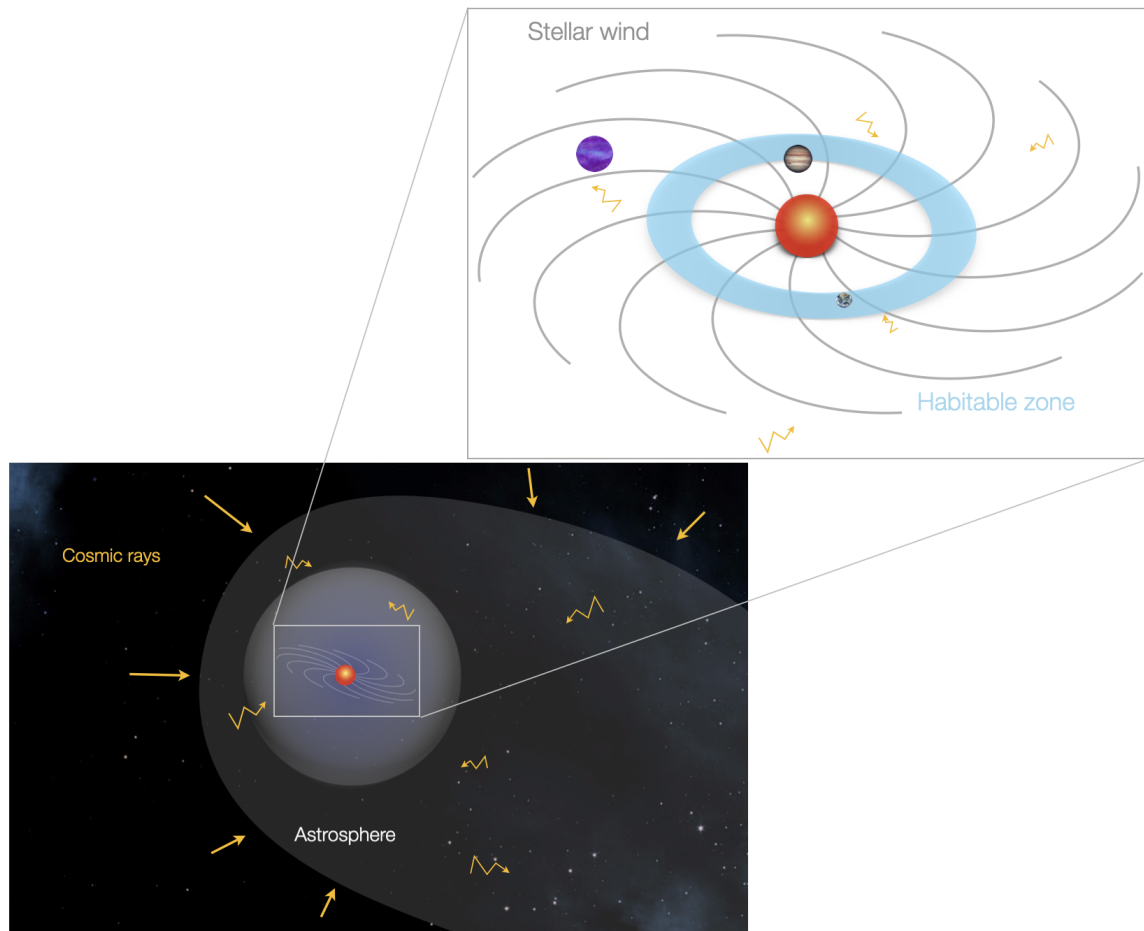


Figure 1: Schema van het sterrenstelsel dat in dit proefschrift wordt bestudeerd. De interactie tussen het ISM en de sterrenwind leidt tot een Astrosfeer. Buiten de Astrosfeer verspreiden Galactische kosmische stralen zich door de Melkweg. Om de Astrosfeer binnen te dringen, moeten galactische kosmische stralen de gemagnetiseerde sterrenwind overwinnen. In de Astrosfeer kunnen Galactische kosmische stralen interageren met de gastplaneten.

M dwergen, variërend van 6 tot 6140 au voor de steekproef van sterren die hier wordt bestudeerd.

Kosmische straling is belangrijk in de context van planetaire bewoonbaarheid. Metingen van galactische kosmische stralen die de aarde bereiken, worden al vele jaren gedaan. Bovendien zijn kosmische stralingstransportmodellen om de voortplanting van galactische kosmische straling naar de aarde te beschrijven uitgebreid gebruikt om de effecten van kosmische straling op aarde te begrijpen. De effecten van kosmische straling rond andere exoplaneten zijn echter niet goed begrepen. Helaas zijn metingen van kosmische straling op andere planeten nog steeds niet mogelijk. Om de voortplanting van galactische kosmische straling door M dwergen in dit proefschrift te beschrijven

en te bestuderen, heb ik een 1D kosmisch stralingstransportmodel gebruikt. Deze simulaties kwantificeren de flux van galactische kosmische straling die elke afstand in de atmosfeer bereikt.

Het stellaire magnetische veld en de windsnelheid spelen een essentiële rol bij de voortplanting van galactische kosmische straling. Een sterker stellair magnetisch veld resulteert bijvoorbeeld in een grotere onderdrukking van de intensiteit van galactische kosmische straling (voor vaste turbulentie-eigenschappen en in vergelijking met een lagere magnetische veldsterkte). Dit kan worden verklaard door het feit dat een sterk magnetisch veld kleinere diffusiecoëfficiënten impliceert. Als gevolg hiervan worden advectionele processen belangrijker, wat resulteert in lagere fluxen van galactische kosmische straling. Vergelijkbaar, maar in mindere mate, resulteert een sterkere stellaire windsnelheid ook in een lagere intensiteit van galactische kosmische straling in de atmosfeer (vergeleken met een zwakke stellaire windsnelheid). Dit komt omdat een sterkere stellaire windsnelheid meer advectione impliceert, wat de flux van galactische kosmische straling verzwakt.

De stellaire massaverliessnelheid (of stellaire winddichtheid) heeft geen directe invloed op de intensiteit van kosmische straling, aangezien de stellaire winddichtheid erg laag is. Het heeft echter wel invloed op de grootte van de atmosfeer (via de drukbalans). De fluxen van galactische kosmische straling kunnen echter worden beïnvloed door variaties in de atmosferische grootte. Als het fysieke proces wordt gedomineerd door diffusie, heeft de atmosferische grootte geen effect op de onderdrukking van kosmische straling. Dit is het geval bij GJ 436 (zie Hoofdstuk 3) en GJ 338B (zie Hoofdstuk 4). Aan de andere kant, als advectione het dominante proces is, kan de grootte van de atmosfeer de flux van galactische kosmische straling beïnvloeden. Dit is het geval bij AU Mic (zie Hoofdstuk 5). Samengevat, door advectionele gedomineerde systemen leiden tot een sterkere onderdrukking van kosmische straling, terwijl diffusie-gedomineerde systemen tot weinig (of geen) modulatie leiden.

Net als wat er voor de Aarde gebeurt, beïnvloedt het opnemen van driftsnelheden van deeltjes, als gevolg van gradiënten en krommingen van het stellaire magnetische veld, ook de voortplanting van galactische kosmische straling door M-dwergastrosferen (zie Hoofdstuk 5). Over het algemeen werd voor de twee sterren, waarin de deeltjesdrift was opgenomen, Prox Cen en AU Mic, een grotere flux van galactische kosmische straling waargenomen (vergeleken met simulaties zonder de opname van deeltjesdrift). Dit kan worden verklaard door het feit dat beide systemen een negatieve driftsnelheid hadden bij de onderzochte radiale schijf, wat resulteerde in een grotere intensiteit

van kosmische straling. Dit komt door het feit dat deeltjesdrift gewoon als een extra advectioneel proces in het transportmodel fungeert.

In het hier bestudeerde monster, met 8 M dwergen en 12 planeten, ontvangen de meeste exoplaneten een veel lagere flux van galactische kosmische straling dan de waarden die op aarde zijn waargenomen. De uitzondering is GJ 15A c, die een grotere halve lange as heeft en een flux heeft die vergelijkbaar is met de aarde, en GJ 411 c, die ook een grotere halve lange as heeft en Galactische kosmische straling ontvangt fluxen vergelijkbaar met het lokale interstellair spectrum (LIS). De bewoonbare zone van drie sterren, GJ 411, GJ 436 en GJ 887, bleek vergelijkbare galactische kosmische stralingsfluxen te hebben met de waarden van de aarde, terwijl de andere sterren (AU Mic, GJ 15A, GJ273, GJ 338B en Prox Cen) krijgen een lagere flux.

Ten slotte kunnen de hier gevonden resultaten belangrijk zijn voor het begrijpen van toekomstige waarnemingen van de atmosfeer van exoplaneten met JWST en ARIEL. Bovendien zullen de waarnemingen van de exoplaneet atmosfeer ons in staat stellen om de fluxen van kosmische straling in de atmosfeer van exoplaneten te beperken en mogelijk helpen om de bewoonbaarheidspuzzel te voltooien.