

Summary

Low-mass main-sequence stars like our Sun are continuous sources of outflowing hot magnetised plasma. In the case of the Sun, this is known as the *solar wind*, whereas for other stars they are called *stellar winds*. These types of stars comprise 93% of all stars in our galaxy, and also host the bulk of all exoplanets discovered to date. Therefore, understanding their wind outflows and how they interact with the planets they host is crucial to assessing the long-term evolution of planetary atmospheres, which in turn determines their potential to support life as we know it. The interactions between stellar winds and planets can also produce signals which could be detected with current-generation telescopes.

Current measurements of the winds of low-mass main-sequence stars are limited, and have only been successful in a handful of cases. However, by coupling state-of-the-art magnetohydrodynamic (MHD) models of stellar winds with observational constraints, 3-dimensional snapshots of the wind environments around planet-hosting stars can be obtained. In this thesis, I utilise such models to explore the winds of these stars, and predict the potentially-observable signatures that may arise from their interactions with orbiting planets.

Finding exoplanets with radio telescopes

Analogous of what is observed for the magnetised planets in the solar system, planets orbiting around other stars are expected to exhibit auroral emission at their magnetic poles, particularly at radio wavelengths. Such emission is thought to be generated via the interaction between the planet's own magnetic field and the wind of its host star. If detectable, the emission emanating from the planet's magnetic poles could provide a new window for discovering exoplanets.

The winds of low-mass main sequence stars are predominantly composed of hot magnetised hydrogen, which can strongly absorb the low frequency radio emission that exoplanets are thought to emit at. As a result, if the wind of the host star is very dense, radio emission from the planet may be difficult to detect. Therefore, understanding the stellar wind environment of planet-hosting stars is crucial to determining if radio emission from planets can be detected from Earth.

From our understanding of the auroral emission of the solar system planets, radio emission from exoplanets is expected to be stronger for those with larger radii and smaller orbits. Coincidentally, such planets dominate the current population

of known exoplanets. As their presence produces stronger signatures from their host stars, they are more favourable for detection via traditional methods. These planets are known as ‘hot Jupiters’, which are roughly the size of Jupiter and orbit very close to their host stars.

HD189733b is a well-known hot Jupiter, which orbits its host star at about 3 percent of the distance between the Earth and the Sun. The host star is also very active, and is likely to drive a wind that is much stronger in comparison to the solar wind. As a result, HD189733b has been of particular interest in the context of exoplanetary radio emission. Using a state-of-the-art 3-dimensional magnetohydrodynamics code, in Chapter 2 I simulate the stellar wind of the host star of HD189733b. This model is based on observationally-derived magnetic field maps for the star, which are a key input for these models. I then use the results of the stellar wind model to estimate the frequency and strength of the radio emission for the planet.

The wind of the host star is expected to be quite dense, so it will absorb a large fraction of the radio emission from HD189733b. In Chapter 2, I show that this effect is least pronounced when the planet is near conjunction of the host star, the point in its orbit where it is closest to the observer. The geometry of a planet in conjunction is shown in Figure 1. This result illustrates that detection of radio emission from any exoplanet is most favourable when it is near conjunction, which can be used to guide future observations in search of such emission. Outside of conjunction, the exoplanet is said to be ‘eclipsed’ by the wind of its host star at radio wavelengths, becoming undetectable.

Exoplanets as probes of stellar winds

(i) Radio eclipses of exoplanets

With the concept of radio eclipses of exoplanets established, the next question I asked myself during this thesis was: how do the properties of the stellar wind and geometry of the planetary orbit affect the duration and severity of the eclipse? If we can determine this, we can in theory reverse-engineer observations of exoplanetary radio emission to study the winds of planet-hosting stars.

The 3-dimensional numerical models utilised in Chapter 2 are computationally expensive and time-consuming, and therefore their uses are generally limited to specific cases. As a result, they are not well-suited for parametric studies such as that described above. Simpler models that retain the key physical processes however can be deployed for this. With this in mind, in Chapter 3 I develop a 1-dimensional stellar wind model, which I then couple to another physical model that describes the propagation and absorption of low-frequency radio emission through stellar winds. This model is very fast and flexible, and provides the percentage of exoplanetary radio emission that escapes through the wind of the host star as a function of time, for any set of stellar wind and orbital properties.

Using this model, in Chapter 3 I first illustrate the effects of the stellar wind mass-loss rate and temperature on the duration of the radio eclipse. I find that

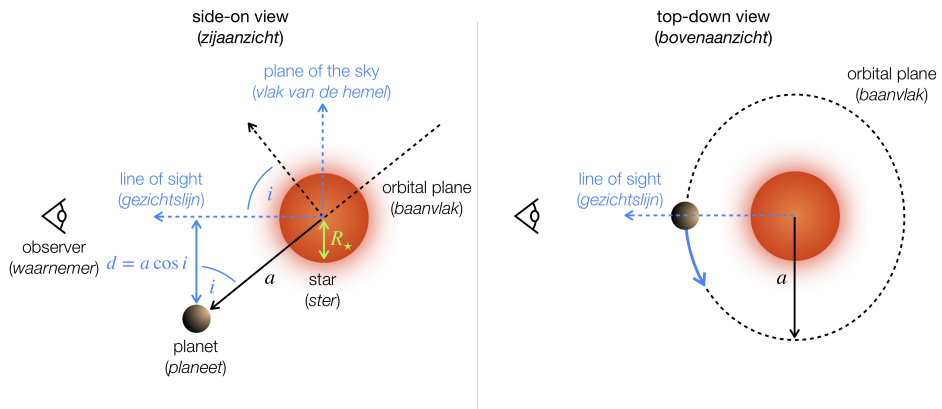


Figure I: *English:* Sketch illustrating the geometry of an exoplanet's orbit around its host star, with an orbital distance a and inclination i . When the planet is closest to the observer, it is said to be in 'conjunction'. In Chapter 2, I show that such a scenario provides the most favourable conditions for detecting exoplanets at radio wavelengths. Note that in the case where d is less than the stellar radius R_* , the planet is said to 'transit' the star (neglecting the size of the planet itself), where it periodically blocks a fraction of the starlight. *Nederlands:* Schets ter illustratie van de geometrie van de baan van een exoplaneet rond zijn moederster, met een baanafstand a en inclinatie i . Wanneer de planeet het dichtst bij de waarnemer is, wordt gezegd dat deze in 'conjunction' is. In Hoofdstuk 2 laat ik zien dat een dergelijk scenario de gunstigste omstandigheden biedt voor het detecteren van exoplaneten op radiogolflengten. Merk op dat in het geval dat d kleiner is dan de stellaire straal R_* , de planeet de ster 'overgaat' (waarbij de grootte van de planeet zelf verwaarloosd wordt), waar hij periodiek een fractie van het sterlicht blokkeert.

stars with hot, low mass-loss rate winds present more favourable conditions for detecting radio emission from their orbiting planets. In terms of the orbit of the planet itself, transiting exoplanets experience the largest modulation to their radio emission, being most visible during transit of the stellar disk. Additionally, planets orbiting further from their host stars are more easily detected. I then apply the model to the hot Jupiter host τ Boo, showing that the stellar wind properties of planet-hosting stars can be constrained by the morphology of the radio eclipse. Specifically, the duration of time where a specific fraction of the exoplanetary radio emission escapes the system can be directly linked to a combination of stellar wind temperature and mass-loss rate. This provides a potential new method for estimating the properties of the winds of planet-hosting stars, which so far has only been successful in a handful of cases.

(ii) Magnetic star-planet interactions

Exoplanetary radio emission is not the only avenue for studying the winds of low-mass stars, nor is it the only type of radio emission thought to occur due to the presence of planets. Another mechanism that is thought to generate bright radio emission in exoplanetary systems is via the perturbation of the star's own magnetic field due to the motion of the planet, generally referred to as magnetic star-planet interactions (for details see Section 1.5). A key distinction between this and exoplanetary radio emission is that the emission occurs near/on the star itself, as opposed to on the planet. Another thing of note is that the emission is thought to occur at higher frequencies compared to that expected for exoplanets, as these stars can harbour surface magnetic fields that are three orders of magnitude larger than what is seen on the Sun. This is a proposed explanation for the lack of conclusive detections of exoplanetary radio emission, in that it may be generated at a frequency that is too low to penetrate the Earth's atmosphere.

Around all magnetised stars exists a region known as the Alfvén surface, inside which magnetic forces dominate over thermal forces in the solar wind plasma. Inside the Alfvén surface, radio emission can be generated near the star via the perturbation of the star's magnetic field by an orbiting planet. M dwarf stars are of particular interest in this regard, in that they exhibit very strong surface magnetic fields, which are likely to result in large Alfvén surfaces that can enclose a wide range of planetary orbits. Additionally, stars with low stellar wind mass-loss rates tend to have large Alfvén surfaces. For an illustrative sketch, see Figure 1.

The two nearby M dwarfs Proxima Centauri (Prox Cen) and AU Microscopii (AU Mic) present potentially suitable conditions for magnetic star-planet interactions to occur. Both stars exhibit strong magnetic fields at their surfaces, and are hosts to multiple confirmed planets. In the case of Prox Cen, recent radio observations may be indicative of that such interactions occurring. In order to assess the viability for magnetic star-planet interactions occurring on these stars, knowing the location of their Alfvén surfaces relative to the planetary orbits is key.

To determine the location of the Alfvén surfaces of Prox Cen and AU Mic, in Chapter 4 I utilise magnetohydrodynamic models similar to those used in Chapter 2 to obtain 3-dimensional snapshots of their stellar wind environments. These

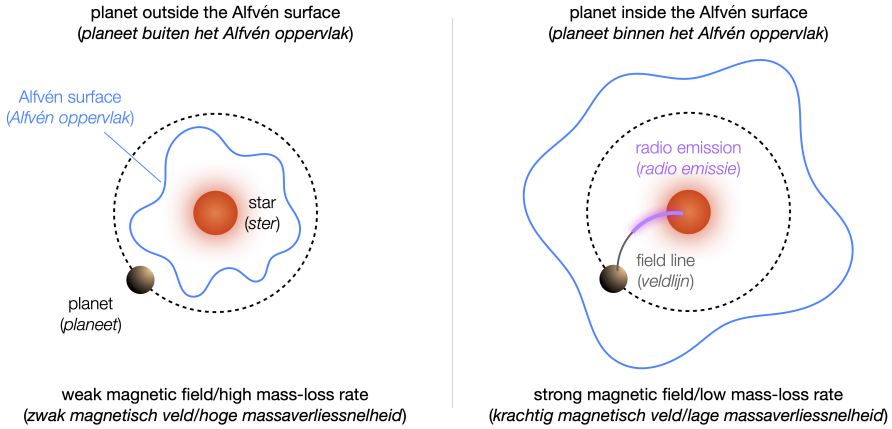


Figure II: *English:* Sketch illustrating the conditions for magnetic star-planet interactions to occur. If the star has a weak magnetic field or a high stellar wind mass-loss rate, planets are unlikely to orbit inside the Alfvén surface (left panel). However, in the case where the host star has a strong magnetic field or low stellar wind mass-loss rate, the Alfvén surface becomes very large, potentially enclosing a wide range of planetary orbits (right panel). When inside the Alfvén surface, the planet can induce the generation of strong radio emission along the magnetic field line that connects it to the star. *Nederlands:* Schets die de voorwaarden illustreert voor het optreden van magnetische ster-planeet-interacties. Als de ster een zwak magnetisch veld heeft of een hoge massaverliesnelheid, is het onwaarschijnlijk dat planeten binnen het Alfvén-oppervlak (linker paneel) draaien. In het geval dat de moederster echter een sterk magnetisch veld heeft of een lage massaverliesnelheid door stellaire wind, wordt het Alfvén-oppervlak erg groot en kan het een breed scala aan planetaire banen insluiten (rechterpaneel). Als de planeet zich binnen het Alfvén-oppervlak bevindt, kan ze sterke radiostraling opwekken langs de magnetische veldlijn die haar met de ster verbindt.

models were constrained using observational data, and the wind properties obtained from them allow for the location of the Alfvén surface to be determined. In the case of Prox Cen, which has an estimated upper-limit for its mass-loss rate, I show that magnetic star-planet interactions are unlikely to occur. For AU Mic however, its mass-loss rate is relatively unconstrained. By varying its mass-loss rate, I illustrate that there is a certain value which places both known planets inside the Alfvén surface. Therefore, if signatures of magnetic star-planet interactions are detected from AU Mic, an upper limit can be placed on its mass-loss rate. This illustrates that the winds of stars can be studied from the detection of magnetic star-planet interactions, complementing the results of Chapter 3.

New methods for identifying potential planet-hosting stars

It is clear that known exoplanetary systems can be studied with using sophisticated magnetohydrodynamic models to assess if different types of star-planet interactions can occur. However, in the case where a signature of such interactions is detected from a star with no known exoplanets, how do we determine if it is of a planetary origin? This is challenging for very active stars. Particularly in the case of smaller planets, the types of signals they induce on the star which are traditionally used to find exoplanets are drowned out by the stellar activity. Therefore, new theoretical models are needed to interpret such signatures, particularly at radio wavelengths.

Recent wide-field radio surveys have begun to detect potential hints of magnetic star-planet interactions from M dwarfs in the Northern sky. So far, none of these stars are confirmed to host any planets. However, WX UMa, a star in the sample of M dwarfs detected at radio wavelengths, has previously had its surface magnetic field mapped. Therefore, a realistic stellar wind environment can be constructed for the star, which in turn allows us to determine the size of its Alfvén surface.

In Chapter 5, I first present a stellar wind model obtained for WX UMa based on its previously-published magnetic field map. I then develop a model that is the first of its kind, which predicts the morphology of the radio emission generated from the star via magnetic interactions with an orbiting planet. Applying the model to WX UMa, I illustrate with this model that its observed emission is best-reproduced by a Neptune-sized planet orbiting the star around every 7 days. While alternative emission mechanisms cannot currently be ruled out for WX UMa, its application exhibits its exciting potential for identifying planet-host candidates from upcoming radio observations.

Samenvatting (Dutch summary)

Lichte hoofdreekssterren zoals onze Zon, zijn bronnen van continue uitstromend heet gemagnetiseerd plasma. In het geval van de Zon staat dit bekend als de zonnewind, terwijl het voor andere sterren *sterrenwinden* worden genoemd. Dit soort sterren omvat 93% van alle sterren in onze Melkweg, en herbergt ook het grootste deel van de exoplaneten die tot nu toe zijn ontdekt. Daarom is het cruciaal om inzicht te krijgen in hun sterrenwind en hoe ze omgaan met de planeten die ze huisvesten om de langetermijnevolutie van planetaire atmosferen te beoordelen, wat op zijn beurt hun potentieel bepaalt om leven zoals wij dat kennen te ondersteunen. De interacties tussen stellaire winden en planeten kunnen ook signalen produceren die kunnen worden gedetecteerd met telescopen van de huidige generatie.

De huidige metingen van de wind van lichte hoofdreekssterren zijn beperkt en zijn slechts in een handvol gevallen succesvol geweest. Echter, door moderne magnetohydrodynamische (MHD) modellen van sterrenwinden te koppelen aan observatiebeperkingen, kunnen driedimensionale snapshots van de windomgevingen rond sterren met planeten worden verkregen. In dit proefschrift gebruik ik dergelijke modellen om de winden van deze sterren te onderzoeken en de potentieel waarneembare kenmerken te voorspellen die kunnen ontstaan door hun interacties met hun planeten.

Exoplaneten vinden met radiotelescopie

Analoog aan wat wordt waargenomen voor de gemagnetiseerde planeten in het zonnestelsel, wordt verwacht dat planeten die rond andere sterren draaien, poollichtstraling vertonen aan hun magnetische polen, vooral bij radiogolflengten. Men denkt dat dergelijke emissie wordt gegenereerd via de interactie tussen het eigen magnetische veld van de planeet en de wind van zijn moederster. Indien detecteerbaar, zou de emissie afkomstig van de magnetische polen van de planeet een nieuw venster kunnen bieden voor het ontdekken van exoplaneten.

De winden van lichte hoofdreekssterren bestaan voornamelijk uit heet gemagnetiseerd waterstof, die de laagfrequente radio-emissie die exoplaneten zouden uitzenden sterk kan absorberen. Als gevolg hiervan, als de wind van de gastster erg dicht is, kan radio-emissie van de planeet moeilijk te detecteren zijn. Daarom is het van cruciaal belang om de stellaire windomgeving van planeet herbergende sterren te

begrijpen om te bepalen of radio-emissie van planeten vanaf de Aarde kan worden gedetecteerd.

Op basis van ons begrip van de poollichtemissie van de planeten binnen ons zonnestelsel, wordt verwacht dat de radio-emissie sterker zal zijn voor exoplaneten met grotere diameters en kleinere banen. Toevallig domineren dergelijke planeten de huidige populatie van bekende exoplaneten. Omdat hun aanwezigheid sterkere kenmerken van hun moedersterren produceert, zijn ze gunstiger voor detectie via traditionele methoden. Deze planeten staan bekend als ‘hete Jupiters’, die ongeveer zo groot zijn als Jupiter en heel dicht om hun moedersterren draaien.

HD189733b is een bekende hete Jupiter, die om zijn moederster draait op ongeveer 3 procent van de afstand tussen de Aarde en de Zon. De gastster is ook erg actief en drijft waarschijnlijk een wind aan die heel sterk is in vergelijking met de zonnwind. Als gevolg hiervan is HD189733b van bijzonder belang geweest in de context van exoplanetaire radio-emissie. Met behulp van een moderne 3-dimensionale magnetohydrodynamische code, simuleer ik in Hoofdstuk 2 de stellaire wind van de moederster van HD189733b. Dit model is gebaseerd op van waarnemingen afgeleide magnetische veldkaarten voor de ster, die een belangrijke input vormen voor deze modellen. Vervolgens gebruik ik de resultaten van het stellaire windmodel om de frequentie en sterkte van de radio-emissie van de planeet te schatten.

De wind van de gastster is naar verwachting behoorlijk dicht, dus het zal een groot deel van de radio-emissie van HD189733b absorberen. In Hoofdstuk 2 laat ik zien dat dit effect het minst uitgesproken is wanneer de planeet zich in de buurt van de conjunctie van de moederster bevindt, het punt in zijn baan waar hij zich het dichtst bij de waarnemer bevindt. De geometrie van een planeet in conjunctie wordt getoond in Figuur 1. Dit resultaat illustreert dat detectie van radio-emissie van een exoplaneet het gunstigst is wanneer deze nabij conjunctie is, wat kan worden gebruikt als leidraad voor toekomstige waarnemingen op zoek naar dergelijke emissie. Buiten de conjunctie zou de exoplaneet ‘verduisterd’ worden door de wind van zijn moederster op radiogolflengten en ondetecteerbaar worden, dit wordt ook wel een eclips genoemd.

Exoplaneten als sondes van stellaire winden

(i) Radioeclipsen van exoplaneten

Met het concept van radioeclipsen van exoplaneten vastgesteld, was de volgende vraag die ik mezelf tijdens dit proefschrift stelde: hoe beïnvloeden de eigenschappen van de stellaire wind en de geometrie van de planetaire baan de duur en ernst van de eclips? Als we dit kunnen bepalen, kunnen we in theorie waarnemingen van exoplanetaire radiostraling terugleiden om de winden van sterren die planeten herbergen te bestuderen.

De driedimensionale numerieke modellen die in Hoofdstuk 2 worden gebruikt, zijn rekenkundig duur en tijdrovend, en daarom is hun gebruik over het algemeen beperkt tot specifieke gevallen. Als gevolg hiervan zijn ze niet erg geschikt

voor parametrische studies zoals hierboven beschreven. Hiervoor kunnen echter eenvoudiger modellen worden ingezet die de belangrijkste fysieke processen behouden. Met dit in gedachten ontwikkel ik in Hoofdstuk 3 een 1-dimensionaal stellair windmodel, dat ik vervolgens koppel aan een ander fysiek model dat de voortplanting en absorptie van laagfrequente radio-emissie door stellaire winden beschrijft. Dit model is erg snel en flexibel en levert het percentage exoplanetaire radiostraling dat ontsnapt door de wind van de gastster als functie van de tijd, voor elke set van stellaire wind- en baaneigenschappen.

Met behulp van dit model illustreer ik in Hoofdstuk 3 eerst de effecten van de snelheid van massaverlies en de temperatuur van de stellaire wind op de duur van de radioverduistering. Ik vind dat sterren met hete winden een lage snelheid van massaverlies gunstigere omstandigheden bieden voor het detecteren van radio-emissie van hun planeten. In termen van de baan van de planeet zelf ervaren transiterende exoplaneten de grootste modulatie van hun radio-emissie, en zijn ze het meest zichtbaar tijdens de overgang van de stellaire schijf. Bovendien worden planeten die verder van hun moedersterren draaien gemakkelijker gedetecteerd. Vervolgens pas ik het model toe op de hete Jupiter-gastheer τ Boo, wat aantoont dat de eigenschappen van de stellaire wind van sterren die planeten herbergen kunnen worden beperkt door de morfologie van de radio eclips. Met name de tijdsduur waarin een specifieke fractie van de exoplanetaire radio-emissie aan het systeem ontsnapt, kan direct worden gekoppeld aan een combinatie van stellaire windtemperatuur en de snelheid van massaverlies. Dit biedt een potentieel nieuwe methode voor het schatten van de eigenschappen van de winden van sterren die planeten herbergen, die tot nu toe slechts in een handvol gevallen succesvol zijn geweest.

(ii) Magnetische ster-planeet interacties

Exoplanetaire radio-emissie is niet de enige manier om de winden van sterren met een lage massa te bestuderen, en het is ook niet het enige type radio-emissie waarvan wordt aangenomen dat het optreedt als gevolg van de aanwezigheid van planeten. Een ander mechanisme waarvan wordt gedacht dat het heldere radio-emissie genereert in exoplanetaire systemen, is via de verstoring van het eigen magnetische veld van de ster als gevolg van de beweging van de planeet, in het algemeen magnetische ster-planeet interacties genoemd (zie voor details Paragraaf 1.5). Een belangrijk onderscheid tussen deze en exoplanetaire radio-emissie is dat de emissie dichtbij/op de ster zelf plaatsvindt, in tegenstelling tot op de planeet. Iets anders wat opvalt, is dat men denkt dat de emissie plaatsvindt bij hogere frequenties in vergelijking met de frequenties die worden verwacht voor exoplaneten, aangezien deze sterren magnetische velden aan het oppervlak kunnen bevatten die drie orden van grootte sterker zijn dan wat op de Zon wordt waargenomen. Dit is een voorgestelde verklaring voor het ontbreken van sluitende detecties van exoplanetaire radio-emissie, in die zin dat het een te lage frequentie heeft om de atmosfeer van de Aarde binnen te dringen.

Rond alle gemagnetiseerde sterren bestaat een gebied dat bekend staat als het Alfvén-oppervlak, waarbinnen magnetische krachten domineren over thermische

krachten in het zonnewindplasma. Binnen het Alfvén-oppevlak kan radio-emissie worden gegenereerd in de buurt van de ster via de verstoring van het magnetische veld van de ster door een in een baan om de ster draaiende planeet. M dwergsterren zijn in dit opzicht van bijzonder belang, omdat ze zeer sterke magnetische velden aan het oppervlak vertonen, wat waarschijnlijk zal resulteren in grote Alfvén-oppevlakken die een breed scala aan planetaire banen kunnen omsluiten. Bovendien hebben sterren met lage een lage snelheid van massaverlies grote Alfvén-oppevlakken. Voor een illustratieve schets, zie Figuur 11.

De twee nabijgelegen M dwergen Proxima Centauri (Prox Cen) en AU Microscopii (AU Mic) bieden potentieel geschikte omstandigheden voor het optreden van magnetische ster-planeet interacties. Beide sterren vertonen sterke magnetische velden aan hun oppervlak en zijn gastheren van meerdere bevestigde planeten. In het geval van Prox Cen kunnen recente radiowaarnemingen erop wijzen dat dergelijke interacties plaatsvinden. Om de levensvatbaarheid van magnetische ster-planeet interacties op deze sterren te beoordelen, is het essentieel om de locatie van hun Alfvén-oppevlakken ten opzichte van de planetaire banen te kennen.

Om de locatie van de Alfvén-oppevlakken van Prox Cen en AU Mic te bepalen, gebruik ik in Hoofdstuk 4 magnetohydrodynamische modellen die vergelijkbaar zijn met die gebruikt in Hoofdstuk 2 om 3-dimensionale snapshots van hun stellaire windomgevingen te verkrijgen. Deze modellen werden beperkt met behulp van waarnemingsgegevens en de daaruit verkregen windeigenschappen maken het mogelijk om de locatie van het Alfvén-oppevlak te bepalen. In het geval van Prox Cen, dat een geschatte bovengrens heeft voor zijn snelheid van massaverlies, laat ik zien dat magnetische ster-planeet interacties onwaarschijnlijk zijn. Voor AU Mic is de snelheid van massaverlies echter relatief onbekend. Door de snelheid van massaverlies te variëren, illustreer ik dat er een bepaalde waarde is die beide bekende planeten binnen het Alfvén-oppevlak plaatst. Daarom, als handtekeningen van magnetische ster-planeet interacties worden gedetecteerd van AU Mic, kan er een bovengrens worden gesteld aan de snelheid van massaverlies. Dit illustreert dat de winden van sterren kunnen worden bestudeerd aan de hand van de detectie van magnetische ster-planeet interacties, als aanvulling op de resultaten van Hoofdstuk 3.

Nieuwe methoden voor het identificeren van potentiële sterren op de planeet

Het is duidelijk dat bekende exoplanetaire systemen kunnen worden bestudeerd met behulp van geavanceerde magnetohydrodynamische modellen om te beoordelen of verschillende soorten ster-planeet interacties kunnen optreden. In het geval dat een signatuur van dergelijke interacties wordt gedetecteerd van een ster zonder bekende exoplaneten, hoe bepalen we dan of deze van een planetaire oorsprong is? Dit is een uitdaging voor zeer actieve sterren. Vooral in het geval van kleinere planeten worden de soorten signalen die ze op de ster induceren en die traditioneel worden gebruikt om exoplaneten te vinden, overstemd door de stellaire activiteit. Om deze reden zijn er nieuwe theoretische modellen nodig om dergelijke

handtekeningen te interpreteren, vooral bij radiogolflengten.

Recente radio onderzoeken met een breed gezichtsveld zijn begonnen met het detecteren van mogelijke hints van magnetische ster-planeet interacties van M dwergen aan de noordelijke hemel. Tot nu toe is van geen van deze sterren bevestigd dat ze planeten herbergen. Voor WX UMa, een ster in de steekproef van M dwergen die op radiogolflengten is gedetecteerd, is echter eerder het magnetische veld aan het oppervlak in kaart gebracht. Daarom kan een realistische stellaire windomgeving voor de ster worden geconstrueerd, wat ons op zijn beurt in staat stelt de grootte van zijn Alfvén-oppervlak te bepalen.

In Hoofdstuk 5 presenteer ik eerst een stellair windmodel dat voor WX UMa is verkregen op basis van zijn eerder gepubliceerde magnetische veldkaart. Vervolgens ontwikkel ik een model, het eerste in zijn soort, dat de morfologie voorspelt van de radio-emissie die door de ster wordt gegenereerd via magnetische interacties met een planeet. Door het model toe te passen op WX UMa, illustreer ik met dit model dat de waargenomen emissie het best wordt gereproduceerd door een planeet ter grootte van Neptunus die elke 7 dagen rond de ster draait. Hoewel alternatieve emissiemechanismen momenteel niet kunnen worden uitgesloten voor WX UMa, toont de toepassing ervan zijn veelbelovende potentieel voor het identificeren van kandidaat moedersterren van planeten aan de hand van komende radiowaarnemingen.