

## Der Rossiter-McLaughlin Effekt

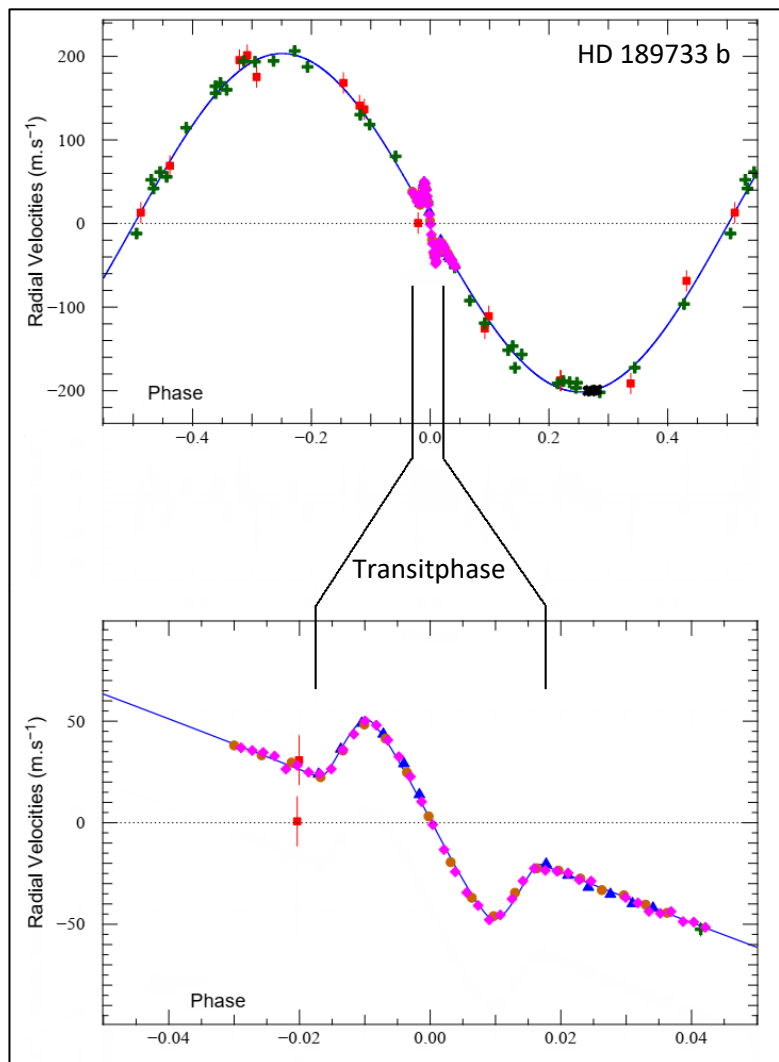
M. Borchardt, 2026

Dieser Effekt, der nach den Astronomen R.A. Rossiter und D.B. McLaughlin benannt wurde, beschreibt die Veränderung der Radialgeschwindigkeitskurve eines Sterns während der Zeitspanne, in der ein Exoplanet sich vor der Sternenscheibe vorbeibewegt (Transit).

Der **Transit des Planeten** erfolgt, wenn die Radialgeschwindigkeit, also die Geschwindigkeitskomponente in Richtung des Beobachters, nahezu null ist, die RV-Kurve also ihren Nulldurchgang hat. Genau dort ist dann eine Auslenkung der Kurve zu beobachten.

### Wie kommt es dazu?

Die Sternenkugel dreht sich um ihre Rotationsachse - oft sogar mit erheblicher Geschwindigkeit. Daher kommt eine Seite der rotierenden Kugel auf den Beobachter zu, während die andere Seite sich vom Beobachter wegbewegt. Das Sternenlicht ist daher auf der einen Seite spektral blauverschoben und auf der anderen Seite rotverschoben. Da wir im Fernrohr die Sternenscheibe aufgrund der großen Entfernung aber nicht auflösen können, sehen wir das Licht der gesamten Scheibe und somit eine Mischung der blau- und rotverschobenen Anteile, die sich in der Summe gegenseitig aufheben. Bewegt sich nun der Exoplanet vor der blauverschobenen Seite der Kugel, wird dort etwas von diesem blauverschobenen Licht verdeckt – in der Mischung überwiegt dann der rotverschobene Anteil. Es hat so den Anschein, als würde der gesamte Stern sich ein wenig von uns wegbewegen - die Radialgeschwindigkeitskurve zeigt einen kleinen Ausschlag nach oben. Überstreicht der Planet den rotverschobenen Bereich der Sternenscheibe, überwiegt der blauverschobene Anteil und die Kurve schlägt nach unten aus. Dieser Effekt ist umso stärker, je größer der Exoplanet im Vergleich zum Stern erscheint und umso höher die Rotationsgeschwindigkeit des Sterns ist. Aus der Form und Größe der RM-Kurve lassen sich Rückschlüsse auf die Rotationsgeschwindigkeit, die Orientierung der Bahnebene bzgl. der Rotationsachse des Sterns und auf die Richtungen der Bewegungen (prograde oder retrograde Planetenbahn) ziehen.



## Die Computersimulation *RossiterMcLaughlinEffekt.exe*

<https://mabo-physik.de/exoplaneten-5>

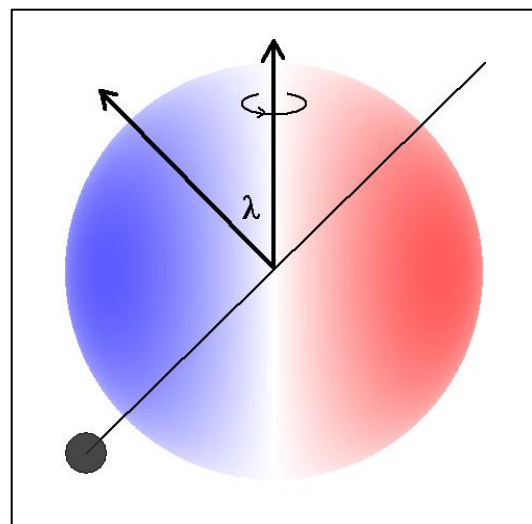
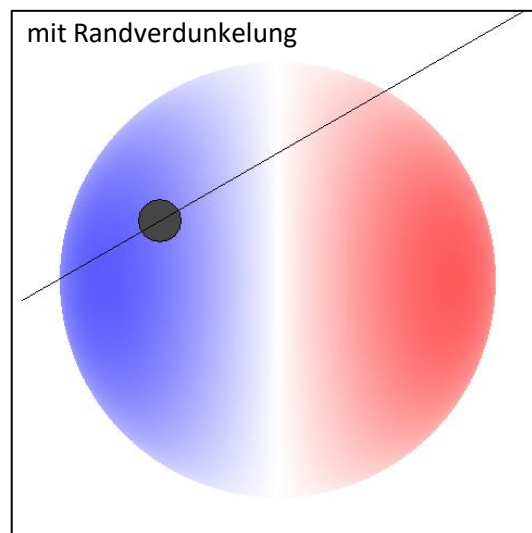
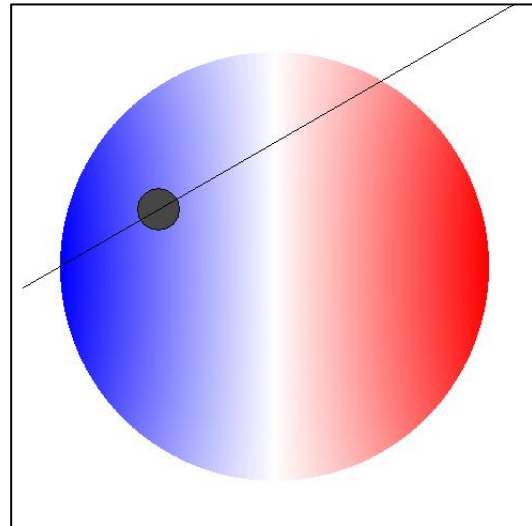
**Das Programm** simuliert die Veränderung der Radialgeschwindigkeiten während der Transitphase. Die blau- und rotverschobenen Radialgeschwindigkeiten der Sternenkugel wurden durch Farben auf der Sternenscheibe codiert. Dabei wurde auch eine differentielle Rotation der Sternenkugel berücksichtigt. Zudem lassen sich die typischen Randverdunkelungen des Sterns einschalten (lineares Gesetz mit dem Koeffizienten  $u=0,7$ ), wodurch die realen Situationen genauer darstellbar werden.

Zu beachten ist dabei, dass der Rand zwar optisch dunkler erscheint - aufgrund der verminderten Lichtintensität am Rand die Geschwindigkeitsinformationen (also die Farbe Rot und Blau) aber geschwächt werden. In der Geschwindigkeitsdarstellung erscheint der Rand daher heller.

Das Programm berechnet während des Transits bei jedem Zeitschritt die Summe der Pixel-Helligkeitswerte von Rot und Blau, die durch die dunkle Planetenscheibe auf der Sternenscheibe abgedeckt werden. Der Nettobetrag (Differenz) der beiden Summen ergibt dann die Geschwindigkeitsinformation.

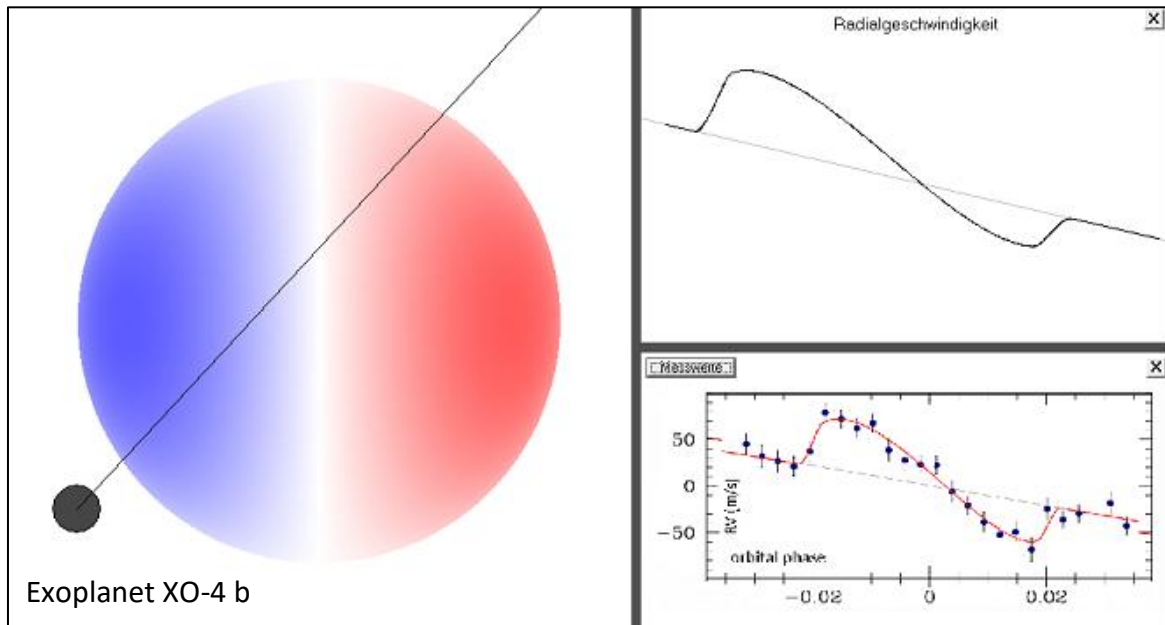
### Der Winkel $\lambda$

Dieser Winkel beschreibt die Orientierung zwischen dem auf den Himmel projizierten Drehimpulsvektor der Planetenbahn und dem auf den Himmel projizierten Spinvektor der Sternenkugel. Inwieweit dieser Spinvektor nach vorne oder nach hinten gekippt ist (die Rotationsachse der Sternenkugel also zum Beobachter hin oder von ihm weg orientiert ist), lässt sich nicht ohne weiteres feststellen. Die Verfahren sind kompliziert und mit Fehlern behaftet. Der reale Winkel  $\psi$  zwischen dem Bahn-Drehimpulsvektor und dem Spinvektor ist in den meisten Fällen daher nicht bekannt. Das Simulationsprogramm legt den Spinvektor der Einfachheit halber in die Papierebene. Die Äquatorlinie des Sterns verläuft also horizontal genau durch die Mitte der abgebildeten Scheibe.

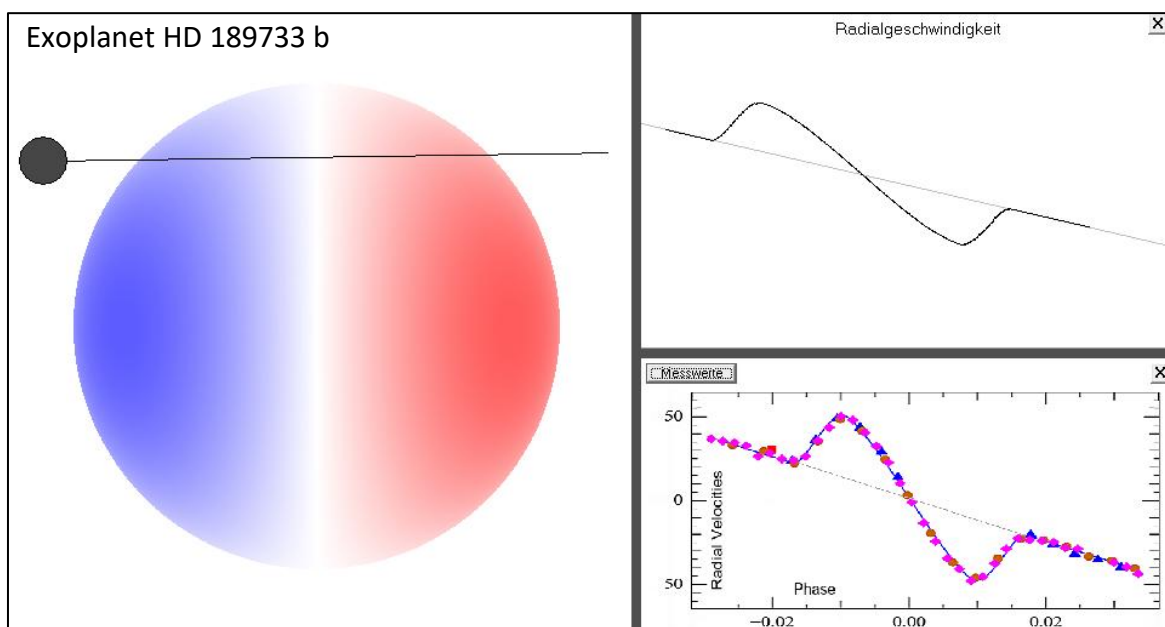


**Der Vergleich** der Simulationsergebnisse mit den real gemessenen Rossiter-McLaughlin-Kurven in den wissenschaftlichen Veröffentlichungen ergibt in den meisten Fällen recht gute Übereinstimmungen, wie die unteren **Beispiele** zeigen. Der Spin-Bahn-Winkel  $\lambda$  und der Stoßparameter (impact parameter)  $b$  wurden den wissenschaftlichen Veröffentlichungen entnommen und der Simulation übergeben.

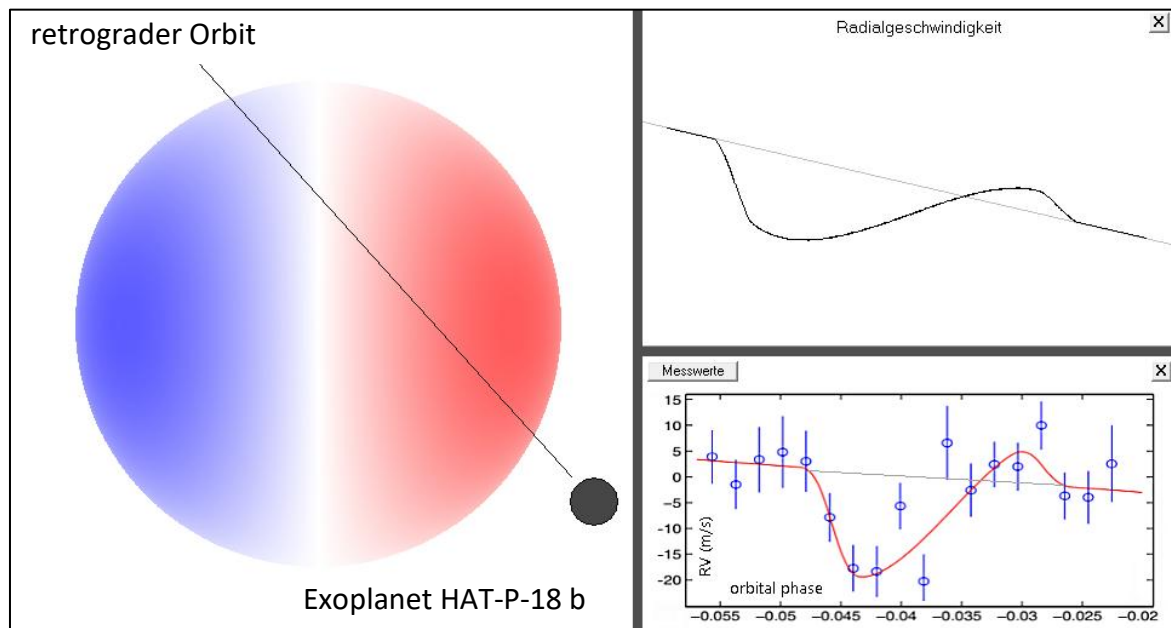
### Beispiele



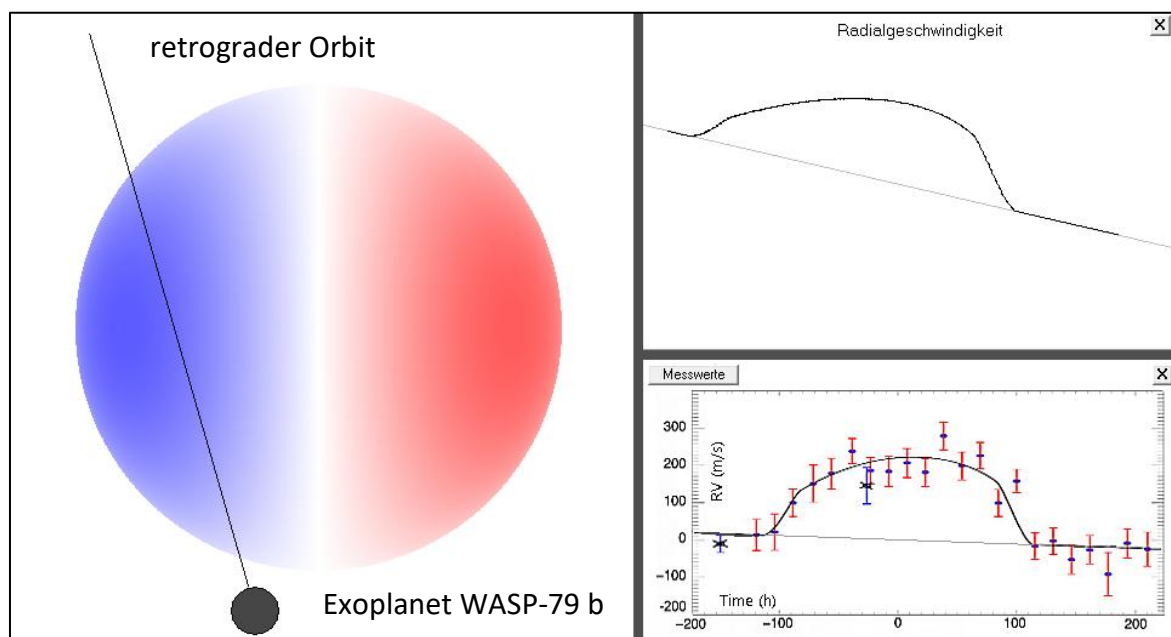
<https://doi.org/10.1093/pasj/62.6.L61>



<http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/200911897>



<https://doi.org/10.1051/0004-6361/201423735>



<http://dx.doi.org/10.1088/2041-8205/774/1/L9>