

Die Radialgeschwindigkeitsmethode zur Entdeckung von Exoplaneten

Ein Modellexperiment für das Seminarfach Astronomie

Realität und Modell

Pegasi-51b wurde 1995 als erster Planet entdeckt, der einen sonnenähnlichen Stern umkreist. Planeten außerhalb unseres Sonnensystems nennt man Exoplaneten. Zum Einsatz kam die Radialgeschwindigkeitsmethode, mit der bis jetzt 934 weitere Exoplaneten aufgespürt wurden¹. Mithilfe von Ultraschall kann diese Methode nachgestellt werden.

Prinzip der Methode

Stern und Exoplanet(en) bewegen sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt (Abb. 1)². Da man den viel dunkleren Planet nicht sieht, misst man stattdessen das Licht des Sterns. Wegen des Dopplereffektes ist dieses ein wenig frequenzverschoben. Die empfangene Frequenz f berechnet sich zu:

$$f = \frac{f_0}{1 + \frac{v}{c}} \rightarrow v = c \cdot \left(\frac{f_0}{f} - 1 \right); |v| \text{ ist die}$$

Geschwindigkeitskomponente in Richtung des Auges und c die Lichtgeschwindigkeit. Aus dem zeitlichen Verlauf dieser Radialgeschwindigkeit des Sterns, kann man z. B. auf die Umlaufdauer des Exoplaneten schließen.

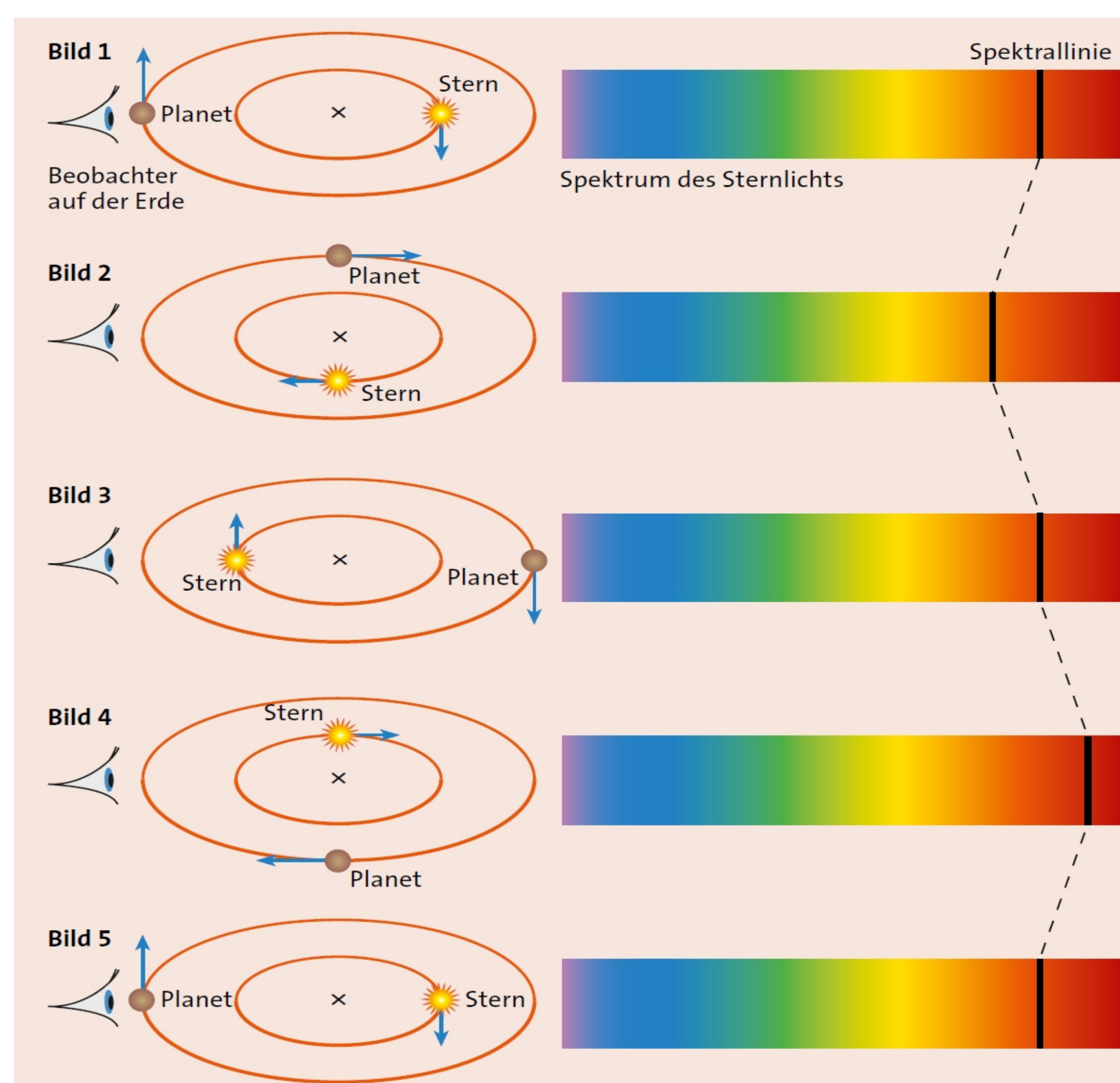


Abb. 1: Prinzip der Radialgeschwindigkeitsmethode

Modell

Im Modell bewegt sich ein Ultraschallsender um den Mittelpunkt des Drehtellers (Abb. 2). Dies entspricht der Bewegung des Sterns um den gemeinsamen Schwerpunkt Stern-Exoplanet. Als Spektrometer dient ein Mikrofon, von dessen Signal, an jeder Position 1 bis 10, ein Fourierspektrum aufgenommen wird (beispielhaft für Position 6 in Abb. 3).

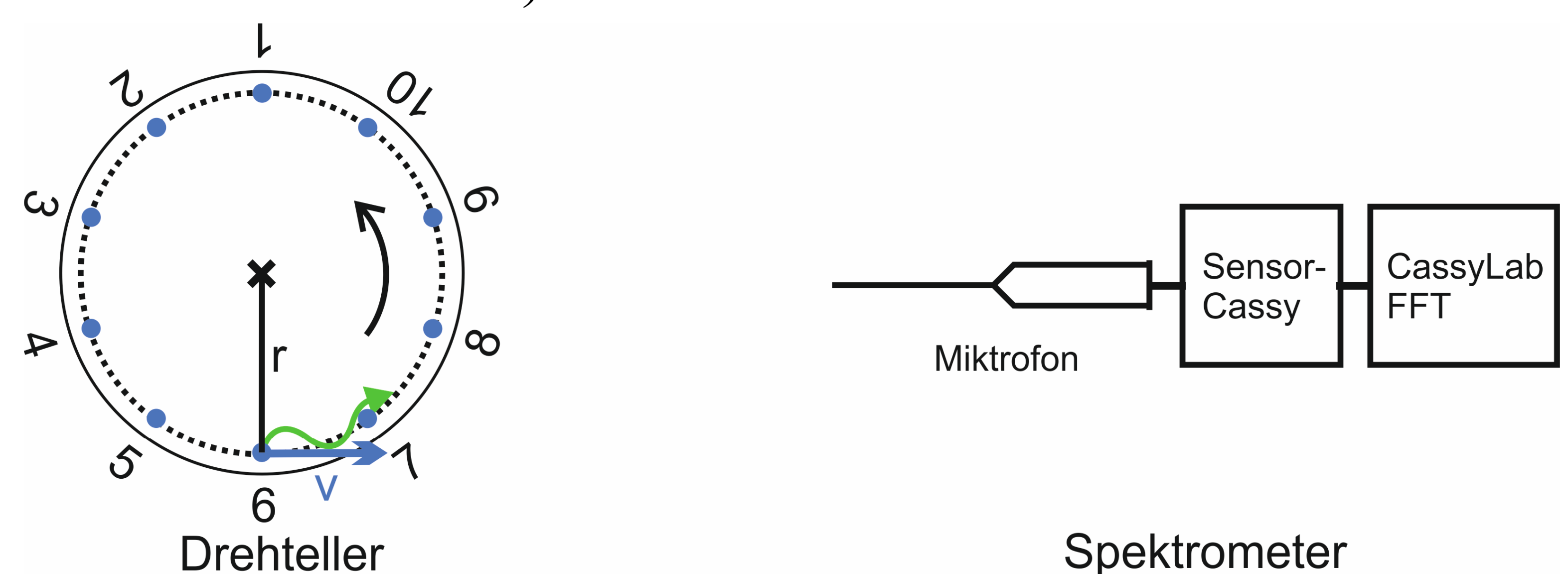


Abb. 2: Die blauen Punkte auf dem rotierenden Drehteller sind die Positionen des Ultraschallsenders, also des Modellsterns, der sich um den gemeinsamen Schwerpunkt Stern-Exoplanet bewegt.

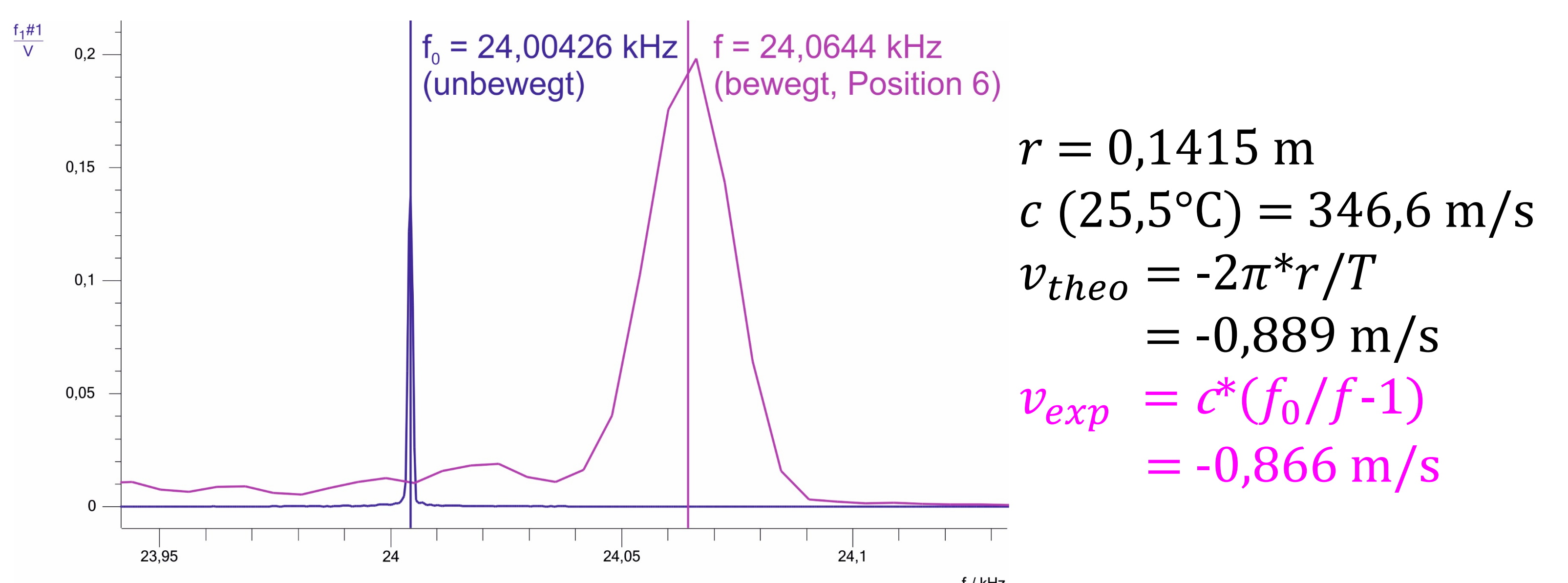


Abb. 3: Ultraschall-Fourierspektrum von Position 6

Mittels Peakschwerpunktberechnung wurde die verschobene Frequenz (lila, Fehler = 2,6 %) ermittelt, welche als Nr. 6 in Abb. 4 wiederzufinden ist. Daneben sieht man die reale Messkurve von Pegasi-51 (Abb. 5)³.

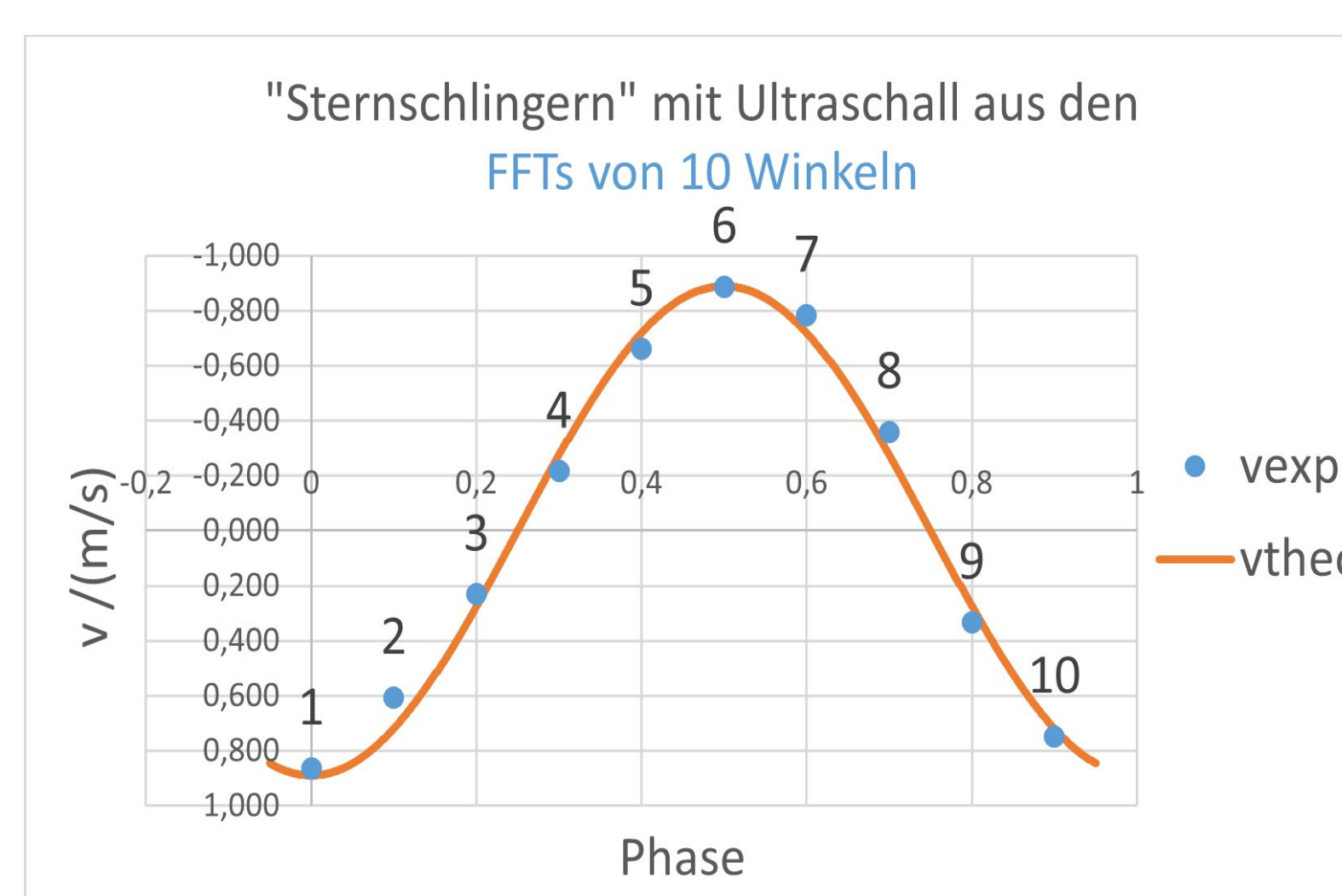


Abb. 4: Endergebnis des Modells (Die Punkte 1 bis 10 entsprechen denen in Abbildung 2)

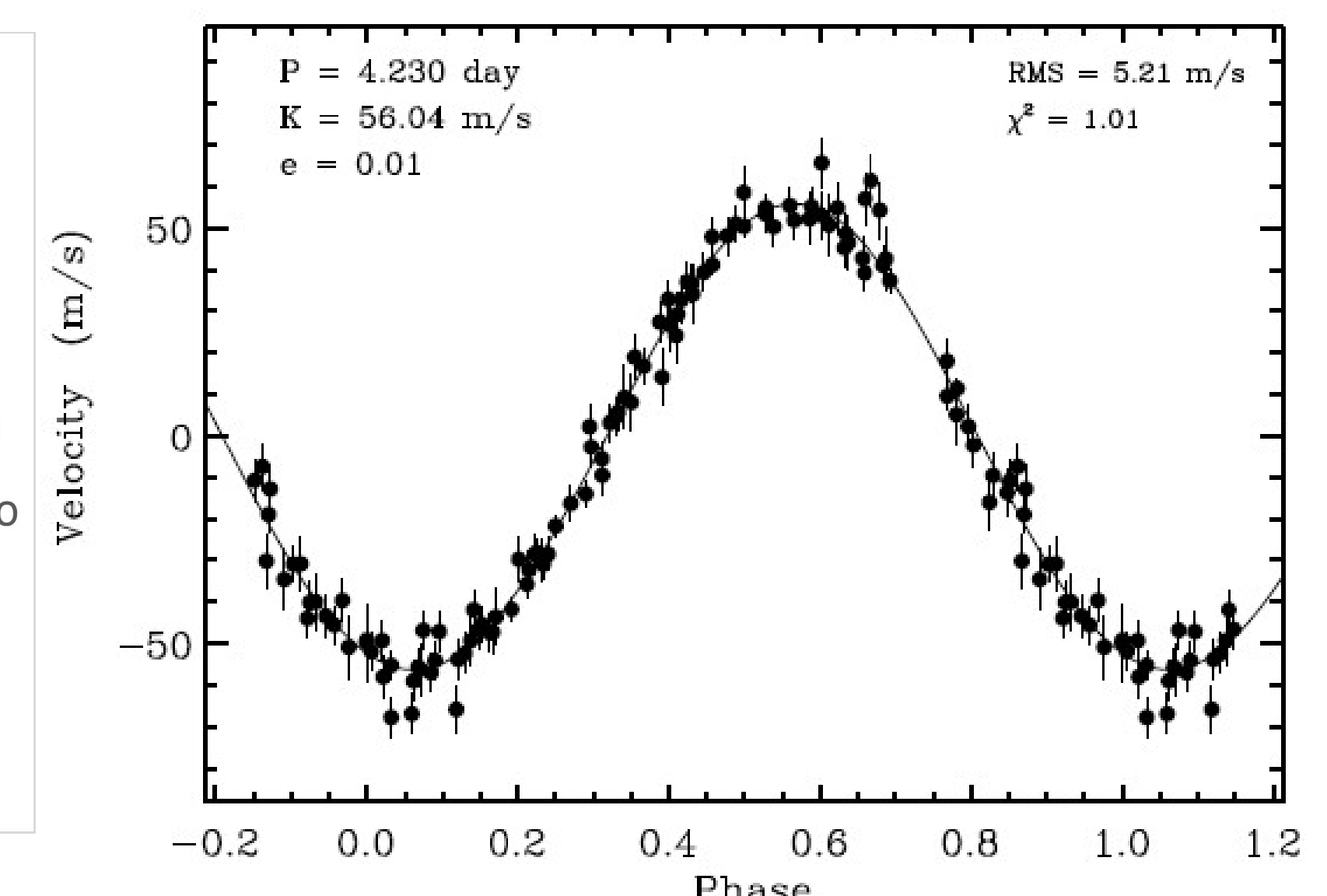


Abb. 5: Ergebnis bei Pegasi-51

¹ Vgl. https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html

² Vgl. Sterne und Weltraum Oktober 2011, S. 80

³ Vgl. The Astrophysical Journal, 481 (1997) S. 927, Fig. 3