

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: - (1949)
Heft: 23

Artikel: Zur Bestimmung der Radialgeschwindigkeit der Fixsterne
Autor: Egger, Fritz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-900571>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ORION

Mitteilungen der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Bulletin de la Société Astronomique de Suisse

SCHAFFHAUSEN

APRIL 1949

No 23

Zur Bestimmung der Radialgeschwindigkeit der Fixsterne

Von FRITZ EGGER, Glarisegg

Die im Laufe der Zeit immer genauere Messungen erlaubenden Beobachtungsmethoden der Astronomie haben schon in den vergangenen Jahrhunderten gezeigt, dass die «Fixsterne» trotz ihres Namens nicht «fix» sind, d. h. immer an der gleichen Stelle des Weltalls bleiben, sondern sich in Bewegung befinden, wie die Mücken in einem Mückenschwarm. Diese Feststellung zu machen, gelang erstmals dem Astronomen Halley im Jahre 1718. Nur die ungeheuren Distanzen bewirken, dass Aenderungen des Standortes der Sterne und ihres gegenseitigen Abstandes der Beobachtung nur sehr schwer zugänglich sind.

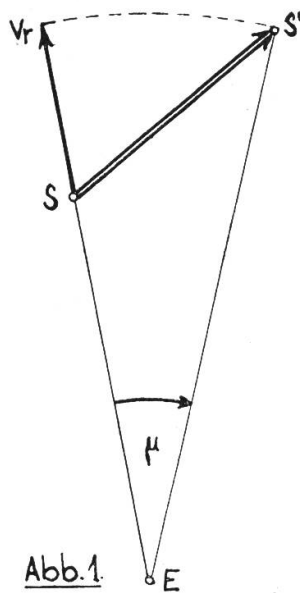


Abb. 1.

Die Bewegung eines Sterns von S nach S' (Abb. 1), von der Erde aus gesehen, manifestiert sich in erster Linie durch eine Aenderung seines scheinbaren Standortes am Himmel. Die Aenderung der Richtung, in der man ihn erblickt, wird als *Eigenbewegung* μ oder EB bezeichnet und gewöhnlich im Bogenmass (Bogensekunden pro Jahr) angegeben. Die grösste bekannte Eigenbewegung von $10,3''$ jährlich weist ein von Barnard gefundener roter Zwergstern der scheinbaren Grösse $9,7^m$ im Sternbild Ophiuchus auf, der deshalb auch als «Barnard's Pfeilstern» bezeichnet wird. Er ist der drittnächste bekannte Stern. Mit der Kenntnis der EB allein wissen wir aber noch sehr wenig über die wahre räumliche Bewegung eines Himmelskörpers, die wir erst einiger-

massen abschätzen können, wenn wir noch die Aenderung seiner Entfernung, die sog. *Radialgeschwindigkeit* v_r , kennen (meistens angegeben in Kilometer pro Sekunde). So hat beispielsweise «Barnard's Pfeilstern» eine Radialgeschwindigkeit von -110 km/sec, d. h. er kommt uns in der Blickrichtung pro Sekunde um 110 km näher. Erst die Einführung der Spektroskopie in die Astronomie, vor allem die Entdeckung des sog. Doppler-Effektes (Doppler 1842, Fizeau 1848), erlaubte die Bestimmung von v_r , und zwar nach folgender Ueberlegung:

Streng einfarbiges Licht (z. B. das Licht einer einzelnen Linie eines Linienspektrums) ist charakterisiert durch die Ausbreitungsgeschwindigkeit c ($= 300\,000$ km/sec), die Wellenlänge λ und die Frequenz (Schwingungszahl pro Sekunde) ν . Zwischen diesen drei Grössen gilt die Beziehung $\lambda \cdot \nu = c$. Immer und überall im Universum hat c dieselbe Grösse; nimmt also z. B. ν einen anderen Wert an, so ändert sich λ entsprechend in entgegengesetztem Sinne. ν kann sich ändern, wenn Stern und Beobachter relativ zueinander bewegt sind. Verkleinert sich beispielsweise die Distanz stetig, d. h. nähern sich Stern und Beobachter gegenseitig mit der Geschwindigkeit v_r , so vergrössert sich ν um den Betrag $\Delta\nu$. Ein einfacher Vergleich macht diese Erscheinung anschaulich: Ein Beobachter steht am Rande einer Strasse, die zu einem Fussballplatz führt; nach beendetem Spiel strömen die Zuschauer mit einer mittleren Geschwindigkeit c auf den Beobachter zu; es gehen pro Sekunde ν Zuschauer an ihm vorbei. Bewegt sich der Beobachter auf den Fussballplatz zu, so wird er pro Sekunde $\Delta\nu$ mehr Leuten begegnen als vorher an ihm vorbeigehen. Der Spielplatz ist in unserem Falle die Lichtquelle, die Zuschauer sind die Lichtwellen, die sich mit der Geschwindigkeit c fortpflanzen und ν die Frequenz, v_r ist die Annäherungsgeschwindigkeit Stern—Beobachter und $\Delta\nu$ die Aenderung der Frequenz. Je grösser v_r ist, umso grösser ist $\Delta\nu$; man findet die genaue Beziehung

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{v_r}{c},$$

wenn ν die Frequenz des Lichtes beim Verlassen des Sternes ist. Wir erhalten durch eine einfache Umformung

$$\Delta\nu = \nu \frac{v_r}{c}.$$

Da die Wellenlänge λ abnimmt, wenn ν zunimmt, erhalten wir für die Aenderung der Wellenlänge im gleichen Fall

$$\Delta\lambda = -\lambda \frac{v_r}{c}.$$

Das Minus-Zeichen sagt aus, dass die beobachtete Wellenlänge kleiner ist als die Ausgangswellenlänge («Violett-Verschiebung» der Spektrallinien). Entfernt sich der Stern von uns, so nimmt ν um den Betrag $\Delta\nu$ ab und λ um $\Delta\lambda$ zu («Rot-Verschiebung», da violettem Licht kurze und rotem Licht lange Wellen entsprechen). Diese Erscheinung wird als *Doppler-Effekt* bezeichnet.

Dass die Verschiebungen der Spektrallinien auch bei sehr grossen gegenseitigen Geschwindigkeiten sehr klein sind, zeigt eine kleine Rechnung: Das ins Auge gefasste Licht habe die Wellenlänge von $0,000589$ mm ($= 5890$ Å, gelbes Natriumlicht, D-Linien).

Eine Annäherungsgeschwindigkeit von 100 km/sec (= 360 000 km/Std.!) ergibt nach obiger Formel eine Abnahme der Wellenlänge — d. h. eine Verschiebung der Linie nach dem violetten Teil des Spektrums — von

$$\Delta\lambda = 5890 \cdot \frac{100}{300\,000} = 1.96 \text{ \AA.}$$

Diese kleinen Änderungen der Wellenlängen können mit Hilfe von Spektroskopen oder Spektrographen bestimmt werden. Im Spektrum des Sternlichtes, entworfen von einem Spektrographen und registriert auf einer Photoplatte, sind die Wellenlängen schön nebeneinander geordnet, und an einem mitaufgenommenen Maßstab kann die Wellenlänge an jeder Stelle des Spektrums mit sehr grosser Genauigkeit gemessen werden. Zur Bestimmung der oben beschriebenen Wellenlängenänderungen werden ausschliesslich Spektrallinien herangezogen, deren Wellenlängen beim Verlassen der Lichtquelle äusserst genau bekannt sind und an denen sofort sichtbar ist, ob sie an ihrem Platz sind oder nicht.

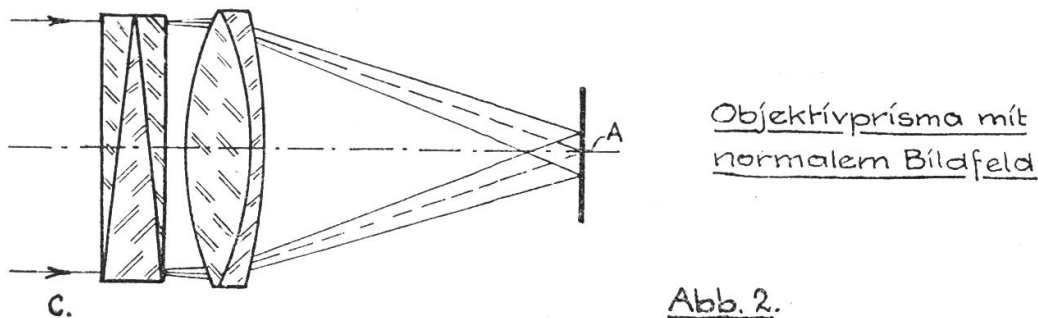
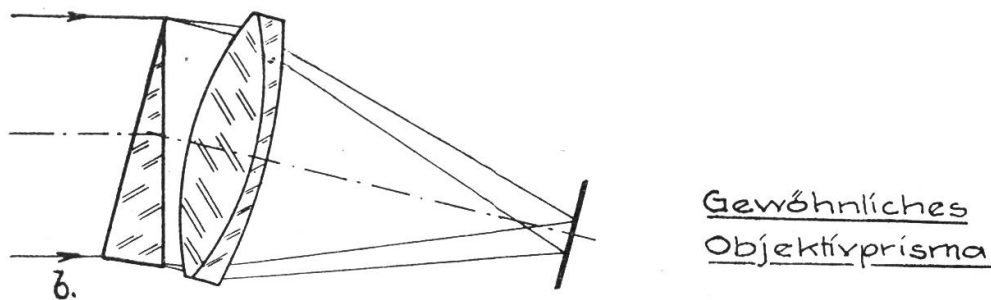
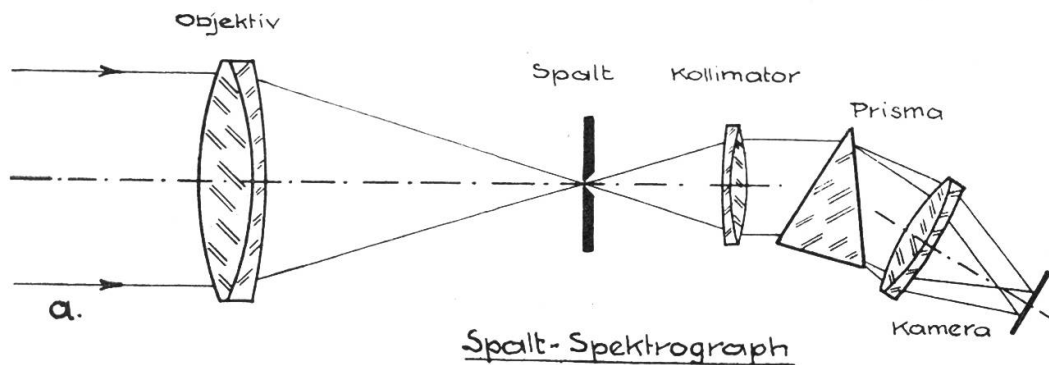


Abb. 2.

Mit den üblicherweise verwendeten *Spalt*-Spektrographen (Abb. 2 a) kann auf einmal nur das Spektrum eines einzigen Sterns aufgenommen werden (dessen Bild, entworfen durch das Fernrohrobjektiv, genau auf den Spalt fällt). Um eine grosse Zahl von Sternen auf ihre Radialgeschwindigkeiten hin zu untersuchen, ist daher eine entsprechend grosse Zahl von Aufnahmen erforderlich, von denen jede Stunden dauern kann und der Sicherheit wegen mehrmals wiederholt werden muss. Bis heute hat man auf diese mühsame Weise von nicht ganz 10 000 Sternen die Radialgeschwindigkeit bestimmt.

Der Gedanke lag nahe, eine andere Art von Spektrographen für diese Untersuchungen zu benützen, welche keinen Spalt besitzen, folglich von jedem Stern im Bildfeld ein Spektrum herstellen. Eine solche Einrichtung ist das sog. *Objektiv-Prisma* (Abb. 2 b). Anstatt einen viel Licht verschluckenden Spektralapparat am Okularende des Fernrohres anzuhängen (Abb. 2 a), wird ein dünnes Prisma vor das Objektiv gesetzt. Das Licht sämtlicher im Blickfeld liegenden Sterne wird vor dem Eintritt in das Teleskop in sein Spektrum zerlegt, welches durch das Objektiv scharf auf die photographische Schicht abgebildet wird. Leider hat man aber mit dieser Anordnung nicht mehr die Möglichkeit, eine absolute Wellenlängenskala mitaufzunehmen, sodass das Objektiv-Prisma bisher nur zu qualitativen Untersuchungen verwendet werden konnte. Sämtliche früheren Versuche, mit dem Objektiv-Prisma Radialgeschwindigkeiten zu bestimmen, d. h. Linienverschiebungen zu messen, scheiterten: Man wollte die Sternspektren selbst als Maßstab verwenden, indem man hintereinander zwei Aufnahmen desselben Sternfeldes machte mit je um 180° gedrehtem Prisma, sodass sich von jedem Stern zwei Spektren mit gegenseitiger Orientierung überlagern. Diese Methode scheiterte an den optischen Eigenschaften des Prismas, welche sich in einer kaum berechenbaren Deformation des Bildfeldes äussern, die 100 mal grösser ist als der zu messende Effekt. Der amerikanische Astronom Pickering versuchte, jedem Spektrum die Wellenlängenskala in Form des Absorptionsspektrums einer vor das Objektiv gesetzten Flüssigkeit (Neodym-Chlorid) aufzuprägen. Auch diese Methode scheiterte, da die einzig verwendbare Spektralbande der Neodymlösung asymmetrisch und daher für genaue Messungen unbrauchbar ist (wie neuerdings von französischen Forschern gezeigt werden konnte). Noch andere Methoden wurden versucht und wieder fallen gelassen, da die Messfehler und Unsicherheiten viel grösser sind als die zu messenden Linienverschiebungen.

Während der letzten Jahre hat nun der französische Astronom Ch. Fehrenbach eine neue Methode ausgearbeitet, welche die Verwendung eines Objektivprismas gestattet und bereits sehr schöne Erfolge zu verzeichnen hat. Fehrenbach geht aus vom Misserfolg der ersten oben skizzierten Methode, die an der Distorsion des Bildfeldes scheiterte. Anstatt ein einfaches, verwendet er ein distorsionsfreies Prisma, das aus zwei bzw. drei Prismen aus verschie-

denen Glassorten zusammengesetzt ist (Abb. 2 c). Dieses System wirkt wie ein geradsichtiges Prisma (Amici-Prisma) für eine bestimmte Wellenlänge als planparallele Platte, lenkt also das Licht nicht allgemein von seiner ursprünglichen Richtung ab (Abb. 2 b und 2 c zeigen die Unterschiede der beiden Systeme). Von einer Sternengegend werden wieder zwei Aufnahmen hintereinander gemacht, nachdem zwischenhinein das Prisma um 180° gedreht wird. Ausserdem wird das Fernrohr noch um einen kleinen Winkel ge-

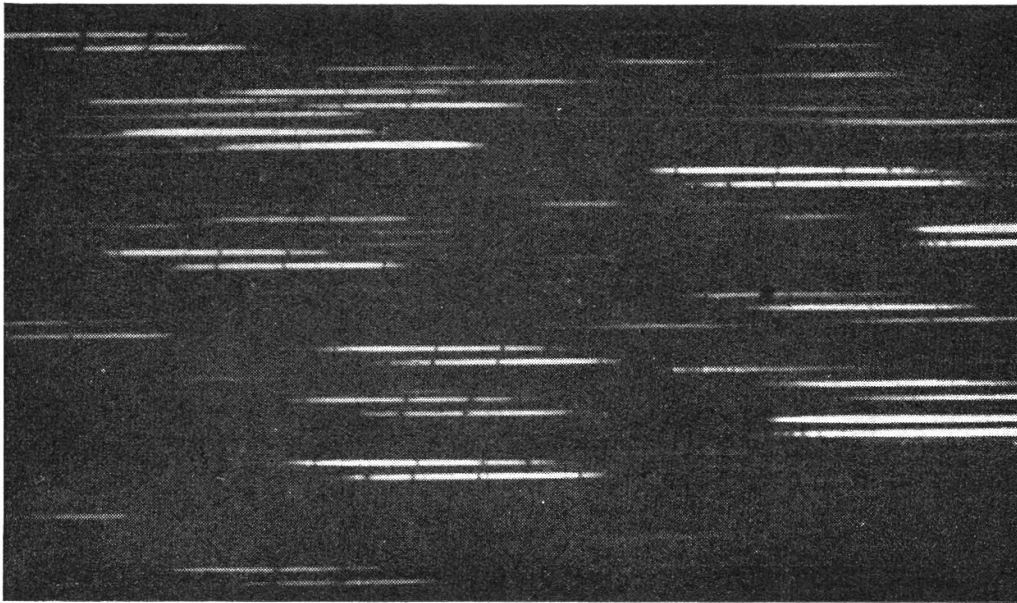


Abb. 3 Sternfeld, aufgenommen mit Objektivprisma in zwei um 180° verschiedenen Stellungen; Exposition je 100 Min.; Spektren von Sternen bis 10^m . (Aufn. Ch. Fehrenbach, 31. Aug. 1948.)

schwenkt, damit die beiden Spektren nebeneinander zu liegen kommen und sich nicht überdecken. Von jedem Stern erhält man so zwei eng nebeneinanderliegende Spektren entgegengesetzter Orientierung (Abb. 3). Da dieses Objektivprismen-System sozusagen keine Abbildungsfehler hat, die Spektren an jeder Stelle auf der Platte somit gleichwertig sind, sollte der Abstand d zusammengehöriger Spektrallinien (Abb. 4) auf allen Spektrenpaaren derselbe sein, wenn alle Sterne auf dem Bild sich mit derselben Geschwindigkeit von uns weg oder auf uns zu bewegen. Da dies aber im allgemeinen nicht der Fall ist, die Linien infolge des Doppelfeffektes verschoben sind, ergeben die Distanzen d nicht immer denselben Wert. Die Unterschiede betragen immer das Doppelte der entsprechenden Linienverschiebung, sind also ein direktes Mass für die Unterschiede der Geschwindigkeiten. Es genügt somit, dass die Radialgeschwindigkeit eines einzigen Sterns des Feldes bekannt ist (Bestimmung derselben nach der klassischen Methode mit Spaltspektrograph), von dem aus dann durch Differenzenbildung diejenige beliebiger anderer Sterne berechnet werden kann.

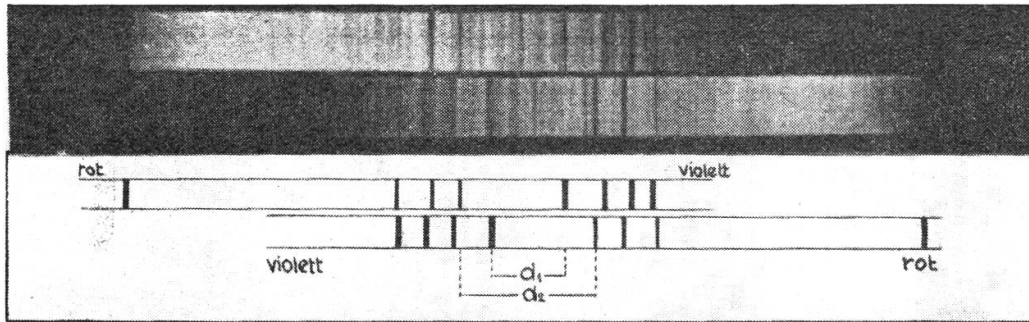


Abb. 4 Aufrechtes und um 180° gedrehtes Spektrum von γ Cygni.
(Aufnahme: Ch. Fehrenbach.)

Ein erstes solches Objektivprisma mit normalem Bildfeld ist am Optischen Institut des Observatoire de Paris von André Couder hergestellt und auf einem Refraktor von 16 cm Oeffnung des Observatoriums von St. Michel (Basses-Alpes) montiert worden. Erste Versuche haben gezeigt, dass mit mässig langen Expositionszeiten (1—2 Stunden) die Spektren sämtlicher Sterne des Henry Draper-Kataloges (bis zur 10. Grössenklasse) ausgemessen werden können. Die Radialgeschwindigkeiten lassen sich mit einer Genauigkeit von ca. 4—5 km/sec bestimmen. Da mit einer einzigen solchen Aufnahme gleich die Geschwindigkeiten von Hunderten von Sternen gemessen werden können, ist diese neue Methode von Fehrenbach ein ausserordentlich wirksames Hilfsmittel für die Stellarstatistik (Studium der Bewegungsverhältnisse und Verteilung der Sterne in den uns umgebenden Gegenden der Milchstrasse) und bereits ist mit dem Studium der interessantesten Gebiete am Himmel begonnen worden.

La mesure des vitesses radiales des étoiles (résumé)

Depuis la découverte de l'effet Doppler-Fizeau (1842—1848), de nombreuses méthodes ont été essayées pour utiliser ce phénomène dans la détermination des vitesses radiales stellaires. La méthode du spectrographe à fente (fig. 2 a) est trop peu efficace et n'a permis de déterminer les vitesses radiales que de 10 000 étoiles. Le prisme-objectif (fig. 2 b) serait beaucoup plus puissant, car cette combinaison fournit un spectre de chaque étoile du champ, mais elle ne permet pas l'étalonnage des longueurs d'onde. La méthode du retournement du prisme — qui donne de chaque étoile deux spectres d'orientations opposées — a échoué à cause de la distorsion de champ d'un prisme simple. Avec la méthode d'absorption de Pickering on n'a pas obtenu de bons résultats, la bande d'absorption de la solution employée (chlorure de néodyme) étant dissymétrique (démontré par des astronomes français). La nouvelle méthode de M. Ch. Fehrenbach, avec prisme-objectif composé sans distorsion, permet la détermination des vitesses radiales avec une précision de 4 km/sec. Avec un tel prisme-objectif (construit par M. André Couder à l'Observatoire de Paris), monté à l'Observatoire de St. Michel (Basses Alpes) sur une lunette de 16 cm, M. Fehrenbach a obtenu de très bons résultats qui sont surtout intéressants pour la statistique stellaire.