

Das Studium der veränderlichen Sterne

Autor(en): **Wild, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **9 (1964)**

Heft 85

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900232>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ORION

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

JUIN – AOUT 1964

No 85

3. Heft von Band IX – 3^e fascicule du Tome IX

DAS STUDIUM DER VERÄNDERLICHEN STERNE

Von Paul WILD *

Es liegt im Wesen des Menschen, dass er alle Veränderungen in der Natur aufmerksam verfolgt. Den ersten Fixsternen, deren Licht schwankend gefunden wurde, schrieb man besondere Bedeutung und wohl sogar Einfluss auf unser Leben zu; das bezeugen ihre Namen – Algol und Mira, Dämon und Wunderstern. Auch heute noch sind unstete Sterne offenbar manchen Menschen nicht geheuer; vor kurzem flog uns z. B. ein Traktat zu, in welchem von den blinkenden Leuchttürmen der Weltallspolizei die Rede war. Die Himmelskundigen versetzt die unerhörte Vielfalt veränderlicher Sterne ins Staunen. Schon ihre Anzahl ist gar nicht abzuschätzen. Der modernste, umfassendste Katalog, im Auftrag der Internationalen Astronomischen Union 1958 von Kukarkin und Parenago in Moskau herausgegeben, zählt beinahe 15'000 auf; doch besteht kein Zweifel, dass es ihrer gewaltig viel mehr gibt: denn der Katalog ist nicht das Ergebnis einer einheitlich organisierten Suche, sondern eine Kompilation denkbar unterschiedlicher und unvollständiger älterer Listen; und es gibt ja wohl auch überhaupt keine scharfe Grenze zwischen konstanten und veränderlichen Sternen. Photoelektrische Messungen haben gezeigt, dass das Licht von etwa einem Viertel der 150 hellsten Sterne schwankt, in den meisten Fällen freilich nur um einige Hundertstel einer Grössenklasse. Eine reichlich gewagte Extrapolation führt zu dem erstaunlichen Resultat, dass man bis zur 12. Grösse – also im Bereich eines 15 cm-Spiegels – rund eine halbe Million Veränderliche erwarten könne.

* Referat gehalten anlässlich der Jahresversammlung der Schweiz. Astronomischen Gesellschaft vom 14. März 1964 in Basel.

Die veränderlichen Sterne können nach dem heutigen Stand der Kenntnisse von ihrer physikalischen Natur in drei oder vier Hauptgruppen eingeteilt werden: Bedeckungsveränderliche, Pulsierende Sterne, Eruptive Sterne, und eventuell noch Erratische Variable, zu denen sich verschiedene Typen zählen lassen, deren Deutung noch unsicher ist. Die genauere Klassifikation innerhalb der Hauptgruppen richtet sich in erster Linie nach Art und Dauer des Lichtwechsels; oft werden mit Vorteil auch die Spektren zu Hilfe genommen. Es ist weder möglich noch nötig, hier die einzelnen Klassen und ihre charakteristischen Eigenschaften genau zu besprechen; G. Freiburghaus hat sie in den «Orion» — Nummern 65 bis 74 ausführlich und sehr klar dargestellt. Hingegen möchte ich kurz die Rolle der variablen Sterne in der astronomischen Forschung anzudeuten versuchen.

Bedeckungsveränderliche sind Doppelsterne, und ihr Lichtwechsel kommt für uns durch blosse geometrische Verfinsterung zustande; die Ausstrahlung ändert sich dabei nicht. Und doch lässt sich eine Fülle für die Astrophysik entscheidend wichtiger Daten am zuverlässigsten gerade aus der Beobachtung dieser Scheinveränderlichen gewinnen. In den günstigsten Fällen — nämlich wenn die Lichtkurve vorliegt und aus dem Spektrum die Radialgeschwindigkeiten beider Komponenten bestimmt sind — lassen sich die beiden Durchmesser, die Massen (also auch die Dichten), die Flächenhelligkeiten (und daraus die effektiven Temperaturen) ermitteln. Leider sind nur bei einem kleinen Bruchteil aller bekannten Bedeckungsveränderlichen beide Sterne hell genug zu getrennter spektroskopischer Beobachtung. Ist die Bahn merklich exzentrisch, so kann man theoretisch sogar etwas über die Dichteverteilung im Innern der beiden Komponenten erfahren. Sie bestimmt nämlich, wie schnell die Apsidenlinie der Bahn sich drehen muss, und diese Drehung macht sich in der Lichtkurve in einer langperiodischen Verschiebung des Nebenminimums in Bezug auf das Hauptminimum bemerkbar. Von besonderem Interesse sind ganz enge und sehr weite Systeme. Die Komponenten enger Paare sind oft deformiert infolge der starken gegenseitigen Gezeitenkräfte, manchmal auch umgeben von Strömen und gemeinsamen Enveloppen leuchtenden Gases. Im Laufe der letzten Jahre ist die frappante Entdeckung gemacht worden, dass die novaähnlichen Veränderlichen und auch einige eigentliche Novae solche enge Doppelsterne, z.T. Bedeckungsveränderliche, sind. Und unter den weiten Paaren figurieren einige bemerkenswerte Sterne, wie ϵ Aurigae, ζ Aurigae und VV Cephei, bei denen die dunklere Komponente ein Ueberriese ist, dessen enorm ausgedehnte Atmosphäre kurz vor und nach dem Hauptminimum — alle paar Jahre bzw. Jahrzehnte — im Licht des durchscheinenden helleren, aber kleineren Sterns spektroskopisch analysiert werden kann.

Doch nun zu den *eigentlichen Veränderlichen*. Die meisten ihrer Typen nehmen je ein wohlumgrenztes Gebiet im Hertzsprung-Russell-Diagramm ein, d.h. sind nicht bloss durch die Form der Lichtkurve, sondern durch ganz bestimmte physikalische Eigenschaften charakterisiert. Diese Einheitlichkeit ist in ungefähr gleichen Entstehungsbedingungen und gleicher Entwicklungsgeschichte begründet. Das wird bestätigt durch die Tatsache, dass im allgemeinen (mit bedeutenden Ausnahmen) jede Klasse von Veränderlichen nach ihrer räumlichen Verteilung im Milchstrassensystem und nach ihren Bewegungsverhältnissen zu einer bestimmten Sternpopulation gehört: zur jungen Population I der Spiralarme, zur alten Population II des Halo oder zu einer zwischen diesen Extremen liegenden. Ja, manchmal werden einzelne Populationen direkt durch die in ihnen typisch vorkommenden Veränderlichen definiert (z.B. die Halo-Population durch die RR Lyrae-Sterne); denn die Veränderlichen sind a priori «markierte», auffällige Sterne, die viel leichter als «normale», ruhige Sonnen ihre Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gemeinschaft verraten. Sie sind deshalb die wertvollsten, ja unentbehrlichen Hilfen bei der Erforschung der Struktur der Milchstrasse sowie benachbarter Galaxien. Die berühmtesten Beispiele sind Shapleys Bestimmung der Entfernung der Kugelsternhaufen (und damit der Ausdehnung unserer Galaxis) mit Hilfe der RR Lyrae-Sterne, und die Anwendung der Perioden-Leuchtkraft-Beziehung der klassischen Cepheiden zur extragalaktischen Entfernungsmessung (die sich dann allerdings als fragwürdig erwies). Die beiden genannten Typen bilden – zusammen mit W Virginis-Sternen (das sind Cepheiden der Population II), RV Tauri-Sternen (halb-regelmässig), Mira Ceti-Sternen (langperiodischen Veränderlichen) und roten halb-regelmässigen Variablen – die sog. Grosse Folge der *pulsierenden* (d.h. sich ausdehnenden und zusammenziehenden) Sterne. Es sind lauter Riesensterne, auf weite Distanzen sichtbar. Bei ihnen allen sind die Periode P und die mittlere Dichte $\bar{\rho}$ eng miteinander verknüpft: $P\sqrt{\bar{\rho}} = Q$ (konstant). Ähnlich dem dritten Keplerschen Gesetz im Zweikörperproblem ist diese fundamentale Beziehung im Grunde nichts anderes als das Newtonsche Gravitationsgesetz, wie man bald einsieht, wenn man die Dichte als Quotient von Masse und Volumen ausdrückt ($\bar{\rho} \sim M/R^3$) und einsetzt. Daraus lässt sich auch die Perioden-Leuchtkraft-Beziehung ableiten, wozu man allerdings noch die für Nicht-Hauptreihensterne etwas unsichere Relation der Leuchtkraft zur Masse zu Hilfe nehmen muss: $L \sim M^\alpha$ (α um 3 oder 4), sowie das Gesetz von Stefan-Boltzmann, aus dem $L \sim R^2 T_e^4$ folgt (R = Sternradius, T_e = effektive Temperatur). Es wird schliesslich $P \sim L^{3/4 - 1/2\alpha} T^{-3}$. Es zeigt sich also, dass die Periode nicht von der Leuchtkraft allein, sondern auch von der Temperatur abhängig ist. Dem wurde seinerzeit bei der

Anwendung zur Entfernungsmessung zu wenig Rechnung getragen. Man glaubte irrtümlicherweise, die Streuung in der beobachteten Perioden-Leuchtkraft-Beziehung ganz der interstellaren Absorption zuschreiben zu müssen. Vor allem aber weiss man auch heute noch nicht genau, wieviele physikalisch leicht verschiedene Typen von Cepheiden es überhaupt gibt. Der Wert der Konstanten $Q = P\sqrt{\bar{g}}$ hängt vom inneren Aufbau ab und variiert von Klasse zu Klasse der periodischen Veränderlichen. Wenn sich infolge der fortschreitenden physikalischen und chemischen Entwicklung eines veränderlichen Sterns seine innere Struktur wandelt, so ändert sich im allgemeinen — sei es über $\bar{p}$ oder über Q — auch seine Periode. Das summiert sich auf wie die Beschleunigung oder Verlangsamung einer Uhr und wird erstaunlich bald merkbar. Es sind in der Tat schon zahlreiche Fälle von allmählichen, aber auch von plötzlichen Periodenänderungen, ja sogar von Phasensprüngen bei pulsierenden Sternen bekannt; und je länger der Lichtwechsel beobachtet wird, umso genauer und interessanter werden diese Untersuchungen; ihre Bedeutung kann kaum überschätzt werden. Am besten ist es, mit der neuesten publizierten Periode die Zeiten der Maxima (bei pulsierenden Sternen) oder Minima (bei Bedeckungsveränderlichen) voraus zu berechnen und damit dann die beobachteten Zeiten zu vergleichen. Trägt man so oft als möglich in einem Diagramm die Abweichung Beobachtung minus Rechnung auf (in Abhängigkeit von der Zeit), so sieht man nach einigen hundert oder tausend Lichtwechseln, ob die angenommene Periode korrekt war und ob sie konstant blieb oder sich stetig oder sprunghaft veränderte.

Dass die Astronomen allen *eruptiven* Sternen grösste Aufmerksamkeit zuwenden, ist sozusagen selbstverständlich, geht es dabei doch um das Verständnis besonders kritischer Phasen der Sternentwicklung. Was den Ausbruch einer Nova verursacht und wie er im einzelnen verläuft, das liegt noch weit im Dunkeln; jede helle Nova ist aller Anstrengungen zur Förderung unserer Kenntnisse wert. In den letzten Jahren sind einige neue Typen von Supernovae gefunden worden; rekurrente Novae und novaähnliche Veränderliche wurden als enge Doppelsterne erkannt; und viel Zeit und Arbeit wurde auf die Beobachtung der roten, lichtschwachen «Flare»-Sterne verwandt, die unerwartet ihre Helligkeit während Intervallen von oft nur einigen Minuten auf das Zehn- bis Hundertfache steigern. Man hat nicht den Eindruck, dass die Ausbrüche der «Flare»-Sterne aus grosser Tiefe stammen; manche sind sogar besonders hellen Eruptionen auf unserer Sonne zu vergleichen. Aehnliche Vorgänge scheinen sich auch auf gewissen erratischen Veränderlichen abzuspielen, die in letzter Zeit viel von sich reden machen: Eingebettet in die grossen Gasnebel und Dunkelwolken der Milchstrasse liegen ganze Schwärme von unregel-

mässig, aber zuweilen kräftig flackernden Sternen geringer Leuchtkraft: die T Tauri-Sterne im ausgedehnten Dunkelwolken-Komplex in Stier und Fuhrmann sowie in ähnlichen Gebieten anderswo, und im Orionnebel und seiner Umgebung die sog. Orion-Veränderlichen in derartiger Fülle, dass es an manchen Stellen schwer hält, Vergleichsterne von konstantem Licht zu finden! Man hat zuverlässige Indizien — nicht zuletzt ihre Lage im Hertzsprung-Russell-Diagramm, rechts von der Hauptreihe —, dass diese Nebelsterne, Flackersterne und all ihre Verwandten noch nicht ganz fertig kontrahierte werdende Sonnen sind. — — — — Zuguterletzt wären noch etwa die seltsamen R Coronae Borealis-Sterne zu erwähnen, deren Normalzustand das Lichtmaximum ist und die von Zeit zu Zeit ohne Warnung plötzlich an Helligkeit verlieren und dann während Wochen oder Monaten unter unregelmässigen Schwankungen mehrere Grössenklassen schwächer als gewöhnlich leuchten. Es sind ausnahmslos kühle Sterne mit reichlich viel Kohlenstoff in den Oberflächenschichten. Man nimmt als plausible Erklärung des Lichtwechsels an, dass durch Eruptionen Moleküle von Kohlenstoff-Verbindungen und andere stark absorbierende Teilchen aus ihnen ausgeworfen werden und dann für einige Zeit sich als ausgedehnte dunkle Wolken um die Sterne legen.

Das Studium der veränderlichen Sterne wird mit jedem Jahr faszinierender und wichtiger. Die Mithilfe der Amateure ist angesichts der ungeheuren Arbeitsfülle ganz unerlässlich. Als Vorbedingungen für erfreuliche und nützliche Arbeit können etwa gelten: 1.) ein nicht von Anfang an überladenes Programm systematischer Beobachtungen, mit einer einigermaßen klaren Zielsetzung; 2.) Einsatz der besten jeweils zur Verfügung stehenden Mittel; 3.) Zusammenschluss zu Gruppen, wenn möglich, jedenfalls aber Kontakt mit erfahrenen Beobachtern oder Gesellschaften von Veränderlichen-Beobachtern. Im Schosse unserer Gesellschaft ist eine leider immer noch sehr kleine Gruppe unter der Leitung von Dr. Leutenegger auf diesem Feld tätig; sie verdient beträchtliche Verstärkung. Die bewährtesten Beobachtungsmethoden werden in den beiden Referaten von Prof. Schürer (Orion Nr. 86) und Dr. Leutenegger (Orion Nr. 84) besprochen.

Aber *was* soll nun der Sternfreund beobachten? — — Wer gar keine Instrumente besitzt, der kann sich vollauf mit den von blossen Auge sichtbaren Veränderlichen beschäftigen, die alle aus Robert Naefs «Sternenhimmel» zu ersehen sind. Algol z.B. ist ein kompliziertes, mehrfaches System; seine Lichtminima verfrühen und verspäten sich in einer auch heute noch nicht restlos erklärten Weise. β Lyrae ist ein sehr enges Bedeckungs-Sternpaar, das von Gasströmen umkreist wird und fortzu Materie in den Raum hinaus verliert, sodass infolge der Verminderung der gegenseitigen Anziehung seine Periode jedes Jahr

um etwa 19 Sekunden wächst. Die hellsten langperiodischen Veränderlichen — vor allem Mira Ceti und χ Cygni — können von blossen Auge gesehen werden zur Zeit ihrer Maxima, die es möglichst genau festzulegen gilt. Die hellen unregelmässigen Veränderlichen wie α Orionis, α Herculis, β Pegasi, γ Cassiopeiae sind zwar beliebte Objekte, aber wegen ihrer geringen Amplituden und wegen ihrer Unberechenbarkeit, die ständige Ueberwachung nötig macht, erst geübten Beobachtern zu empfehlen. Jeder praktizierende Sternfreund sollte im Laufe der Jahre die Sternbilder bis etwa zur dritten oder vierten Grösse sich so gut einprägen, dass er auffällige Veränderungen sogleich wahrnehme, und dann gelegentlich den Himmel, oder doch wenigstens einige ausgewählte Milchstrassenfelder, nach allfälligen hellen Novae absuchen. Die Chance, einen bedeutenden Fund zu tun, ist zwar nicht sehr gross, aber sie besteht immerhin.

Die vielen interessanten Veränderlichen, die mit einem guten Feldstecher oder einem kleinen Teleskop verfolgt werden können, lassen sich schon kaum mehr einzeln aufzählen. Grundsätzlich sind alle unermüdlicher Beobachtung wert. Aus der Fachliteratur kann man entnehmen, welchen Sternen bereits am meisten Aufmerksamkeit geschenkt wird; es bleiben ihrer immer noch sehr viele dürftiger bekannte, namentlich unter den Cepheiden und den langperiodischen Veränderlichen. Nützlich und nicht sehr schwierig wäre eine gute Ueberwachung von R Coronae Borealis-Sternen, mit der Hauptaufgabe, am richtigen Ort Alarm zu schlagen, sobald einer dieser Sterne einen Schwächeanfall erleidet. Wer sich an die spannende, aber sehr anspruchsvolle, viel Geduld erheischende Beobachtung von «Flare» — und Flackersternen und dergleichen wagen möchte, dem sei besonders sorgfältige Vorbereitung des Beobachtungsprogramms empfohlen. In Nr. 56 des «Orion» haben Dr. Leutenegger und Dr. Flückiger Listen solcher merkwürdiger Veränderlicher sowie wertvolle Ratschläge für ihre Beobachtung publiziert. Mit einem Teleskop von mittlerer Oeffnung können rekurrente und Ex-Novae überwacht werden, aber ausgedehnte Novasuchen sind am Fernrohr kaum durchführbar. Dagegen würde ich eine visuelle Ueberwachung der nächsten und hellsten Galaxien auf Supernova-Ausbrüche anraten. In einigen hundert von ihnen dürfte eine gute Supernova im Lichtmaximum heller als zehnter Grösse werden. Am vorteilhaftesten wäre es wohl, das Bild im Fernrohr direkt mit einer Photographie oder einer Zeichnung zu vergleichen.

Es sind heute nicht mehr nur sehr wenige Amateur-Astronomen, die mit einer einigermaßen lichtstarken Kamera grössere Sternfelder photographieren. Ihnen stehen fast unbegrenzte Möglichkeiten offen, etwas zur Kenntnis der veränderlichen Sterne beizutragen. Es wäre besonders zu empfehlen, dass sie die Minima von Bedeckungsverän-

derlichen registrierten, z.B. mit je mehreren zeitlich getrennten und leicht gegeneinander verschobenen Expositionen auf ein und derselben Aufnahme, oder nach der kontinuierlichen Registriermethode, die Dr. Flückiger im «Orion» Nr. 69 beschrieben hat. Es gibt ausgezeichnete Suchkärtchen für Bedeckungsveränderliche, und die vorausberechneten Epochen der Minima werden jedes Jahr von der Sternwarte Krakau veröffentlicht.

Photographen werden sich mit Vorteil längere Zeit auf einzelne Felder beschränken, etwa im Band der Milchstrasse, und möglichst viele der darin vorkommenden Variablen untersuchen. Das wird auf etlichen Sternwarten so gemacht; aber auch einige rührige Amateure, wie z.B. R. Weber in Paris und G. Romano in Treviso, haben auf diese Art zahlreiche neue Veränderliche entdeckt und selber verfolgt, bis der Typus ihres Lichtwechsels feststand. (Es ist z.B. keineswegs immer ein leichtes, die richtige Dauer der Periode zu finden; der Wechsel von Tag und Nacht und Unterbrüche wegen des Mondscheins oder wegen schlechten Wetters haben schon oft zu falschen Kombinationen der Messresultate verleitet). Eine sehr verdienstvolle Arbeit wäre es, häufige Messungen an den fast tausend Veränderlichen vorzunehmen, über deren Lichtwechsel bis heute noch nichts Näheres bekannt ist und die daher noch unklassifiziert bleiben mussten. Die meisten unter ihnen sind allerdings recht schwach und bleiben visueller oder photographischer Beobachtung mit grossen Fernrohren vorbehalten.

Neuestens macht der Fortschritt der Technik den Amateur-Astronomen auch die lichtelektrische Photometrie zugänglich. Sie ist die wertvollste Methode für Präzisionsmessungen, und als einzige zuverlässig genug z.B. für die sehr vielen Veränderlichen von geringer Amplitude. Auch ist sie äusserst nützlich beim Aufstellen genauer Sequenzen von Vergleichssterne in der Umgebung von Veränderlichen. Das Finden geeigneter Vergleichssterne, ihre korrekte Identifikation und eventuell noch Helligkeitsmessung kann in vielen Fällen eine sehr mühsame Arbeit sein.

Systematische Veränderlichen-Beobachtung ist nicht ein Kinderspiel; aber wer Zeit und Gelegenheit dazu hat und sehr viel Mühe nicht scheut, der wird grosse Befriedigung darin finden; er wird auch die Fachliteratur verschiedener Zweige der Astronomie besser verstehen können; und vor allem: er wird die Wunder des Himmels immer besser kennen lernen und wird unvergängliche Freude schöpfen.

Adresse des Verfassers:

Paul WILD, Astronomisches Institut, Sidlerstrasse 5, Bern.