

Visuelle Beobachtung veränderlicher Sterne

Autor(en): **Leutenegger, E.**

Objektyp: **Article**

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

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

Heft 84

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900226>

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.

VISUELLE BEOBACHTUNG VERÄNDERLICHER STERNE *

Von E. LEUTENEGGER

Das menschliche Auge hat die Fähigkeit, Licht verschiedener Intensität zu unterscheiden. Der Helligkeitsbereich, innerhalb welchem das Auge diese Fähigkeit hat, ist sehr gross; er umfasst nicht weniger als 24 Grössenklassen, entsprechend einem Intensitätsverhältnis von $1:4 \cdot 10^9$. Die Grenzhelligkeiten sind allerdings nicht konstant. Es vermag Lichtempfindungen nach ihrer Stärke zu ordnen. Von gleichen Lichtstärken werden unter gleichen Umständen gleiche Empfindungen ausgelöst. Es vermag verhältnismässig kleine Helligkeitsunterschiede zu erkennen. Diese liegen für jeden Beobachter einigermassen fest und ändern sich nur wenig. Gleichheit kann innerhalb eines Fehlerbereichs von ± 0.1 Grössenklassen festgestellt werden. Dies gilt für Helligkeitsempfindungen, die nicht allzu nahe an den Grenzen des Empfindungsbereichs liegen, wo die Fehler grösser werden, vor allem bei starken Lichtintensitäten. Auf diesen Tatsachen beruhen die Methoden der Helligkeits-schätzung veränderlicher Sterne.

Wir unterscheiden im wesentlichen zwei Schätzungsmethoden: die *Argelandersche Stufenschätzungsmethode* und *Pickering's Interpolationsmethode*. Beide Methoden

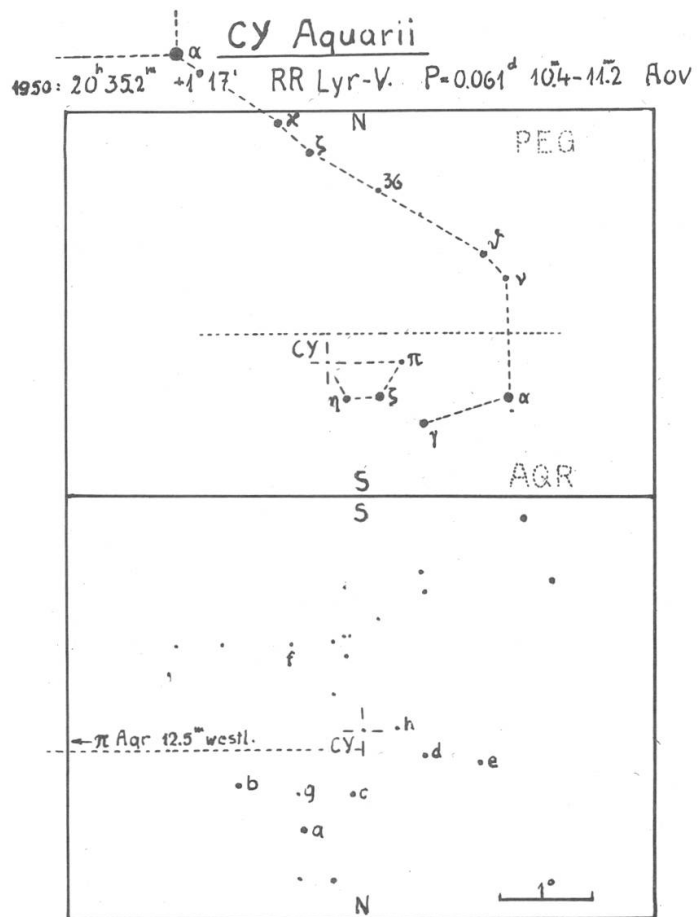


Abbildung 1: Umgebung von CY Aquarii
(RR Lyrae Veränderlicher).

* Nach einem Vortrag anlässlich der Jahresversammlung der SAG in Basel am 14. März 1964.

beruhen darauf, dass die Helligkeit eines veränderlichen Sterns mit den Helligkeiten von Vergleichssterne — möglichst konstanter Helligkeit — verglichen werden.

1. Die Argelandersche Stufenschätzungsmethode.

Sie hat den Vorteil, dass die Feststellung von Helligkeitsänderungen sozusagen ohne Kenntnis der tatsächlichen Helligkeiten der Vergleichssterne erfolgen kann. Die Festlegung der Helligkeit eines veränderlichen Sterns geschieht durch Schätzung von sog. *Helligkeitsstufen* und Benützung einer *Stufenskala*. Die Helligkeitsstufen sind folgendermassen charakterisiert und festgelegt:

Stufe 0: Erscheinen beide Sterne immer gleich hell, so charakterisieren wir diesen Sachverhalt als Stufe Null. Da die Luft die Helligkeit der Sterne mehr oder weniger beeinflusst, verändert, wird eventuell bald der eine, bald der andere von zwei Sternen um einen geringen Betrag heller erscheinen. Wenn dann aber beides etwa gleich häufig der Fall ist, werden wir trotzdem die Helligkeit der beiden Sterne als gleich annehmen dürfen.

Stufe 1: Kommen uns auf den ersten Blick zwar die beiden Sterne gleich hell vor, erkennen wir aber bei aufmerksamer Betrachtung und wiederholtem Uebergang von einem Stern *a* zum andern Stern *b*, dass beispielsweise der Stern *a* meistens eben bemerkbar heller ist als *b*, so sagen wir, *a* sei eine Stufe heller als *b*.

Stufe 2: Erscheint der eine Stern stets und unzweifelhaft um einen geringen Betrag heller als der andere, so schätzen wir diesen Helligkeitsunterschied auf 2 Stufen.

Stufen 3 und 4: Eine auf den ersten Anblick ins Auge fallende Verschiedenheit der beiden Helligkeiten wird als Stufe 3, event. 4 bewertet.

Stufe 5 bezeichnet einen noch stärkeren Helligkeitsunterschied; doch ist die richtige Erfassung der wirklichen Helligkeitsdifferenz schon schwierig. Man sollte sich, wenn immer möglich, auf möglichst kleine Helligkeitsstufen beschränken und grössere Stufenwerte nur dann verwenden, wenn der Helligkeitsunterschied der benützten Vergleichssterne auch gar zu gross ist, wenn Sterne mit dazwischen liegenden Helligkeiten wirklich fehlen. Solche Schätzungen sind natürlich als unsicher zu bewerten.

Geübte Beobachter verwenden oft sogar halbe Stufen zur Charakterisierung noch feinerer Helligkeitsdifferenzen.

Nach Argelander ist es ratsam, einen veränderlichen Stern mit mehreren geeigneten Vergleichssterne zu vergleichen, natürlich unter Vermeidung allzu grosser Helligkeitsunterschiede, zum mindesten aber zwei, nämlich einen helleren und einen schwächeren Vergleichssterne, und zwar auch dann, wenn die Helligkeit des Veränderlichen derjenigen eines dieser Vergleichssterne gleichkommt.

Die Beobachtungsergebnisse müssen protokolliert werden. Ist ein Stern, also z.B. der Veränderliche v um 3 Stufen schwächer als der Vergleichssterne a , so schreibt man nach Argelander: $a\ 3\ v$. Ein gegenüber dem Veränderlichen um 2 Stufen schwächerer zweiter Vergleichssterne b ergibt die Protokollierung: $v\ 2\ b$. Man beachte: der hellere Stern wird grundsätzlich zuerst geschrieben. Helligkeitsgleichheit wird notiert: $v\ 0\ c$. Da ja bei der Beobachtung von veränderlichen Sternen immer dieser mit einem Vergleichssterne verglichen wird, kann die Schreibweise noch etwas kürzer gehalten werden: $a\ +3, b\ -2, c = 0$.

Selbstverständlich ist jede Helligkeitsangabe mit einer Zeitangabe zu verbinden. Im allgemeinen genügt die Angabe der Stunde und Minute. Nur in seltenen Fällen — z.B. bei «flare stars» — muss die Zeit sogar auf Bruchteile von Minuten genau angegeben werden.

Die Auswertung der Beobachtungsergebnisse: Aus den Beobachtungen ergeben sich zuerst die Helligkeitsdifferenzen zwischen den benützten Vergleichssterne:

Lauten die zu verschiedenen Zeiten erhaltenen Helligkeitsdifferenzen zwischen dem Veränderlichen und den Vergleichssterne, einem helleren Stern a und einem schwächeren Stern b :

$$am_1, am_2, am_3, \dots \text{ bzw. } bn_1, bn_2, bn_3, \dots$$

wo die m_1, m_2, m_3, \dots positive Zahlen, die n_1, n_2, n_3, \dots dagegen negative Werte darstellen, so erhalten wir für die in Stufen (s) ausgedrückten Helligkeitsdifferenzen des Sternpaars $a\ b$ die Werte $m_1 - n_1, m_2 - n_2, m_3 - n_3, \dots$. Diese Werte brauchen nicht vollkommen gleich zu sein, obschon es sich normalerweise um Sterne konstanter Helligkeit handelt. Unvermeidbare Schätzungsfehler lassen die Werte um einen bestimmten Mittelwert herum schwanken, den wir als den der Wahrheit vermutlich am nächsten liegenden der weiteren Rechnung zugrunde legen:

$$a - b = \frac{1}{k} [(m_1 - n_1) + (m_2 - n_2) + (m_3 - n_3) + \dots] = \Delta_{ab}$$

wo k die Anzahl der zur Verfügung stehenden Vergleichen des Veränderlichen mit den Vergleichssterne a und b bedeutet. Ebenso erhalten wir für den wahrscheinlichsten Wert der Helligkeitsdifferenz zwischen den Vergleichssterne b und c

$$b - c = \frac{1}{k'} [(n'_1 - p'_1) + (n'_2 - p'_2) + (n'_3 - p'_3) + \dots] = \Delta_{bc}$$

wo $n'_1, n'_2, n'_3, \dots, p'_1, p'_2, p'_3, \dots$ die Ergebnisse der Vergleichung des im Intervall zwischen den Sternen b und c befindlichen Veränderlichen sind, k' die Anzahl dieser Vergleichen ist. So bestimmen wir alle Helligkeitsdifferenzen der Vergleichssterne.

Wir führen nun eine willkürliche Helligkeitsskala ein, indem wir die Helligkeit des hellsten aller Vergleichssterne z. B. $a = 0^s$ bezeichnen; dann ist die Stufenhelligkeit des Sterns b : $b = \Delta_{ab}$, die des Sterns c : $c = \Delta_{ab} + \Delta_{bc}$, die eines weiteren Sterns d : $d = \Delta_{ab} + \Delta_{bc} + \Delta_{cd}$. Dem hellsten aller Vergleichssterne entspricht in dieser *Stufenskala* — genau gleich wie in der Grössenklassenskala — der kleinste Zahlenwert. Mit abnehmender Helligkeit werden die Stufenhelligkeitswerte — wie die Grössenklassen — grösser.

Jetzt sind wir in der Lage, die Helligkeiten des Veränderlichen an den verschiedenen Abenden anzugeben. Wir erhalten beispielsweise die Stufenhelligkeiten $a + m_1$, bzw. $b + n_1$, die wiederum nicht genau gleich ausfallen müssen. Wir nehmen daher auch hier wieder das arithmetische Mittel:

$$v_1 = \frac{1}{2} [(a + m_1) + (b + n_1)]$$

Sind Vergleichen mit 3 Sternen a , b und c gemacht worden, so ergibt das arithmetische Mittel wiederum einen wahrscheinlich zuverlässigeren Helligkeitswert.

$$v = \frac{1}{3} [(a + m_1) + (b + n_1) + (c + p_1)]$$

wo m_1, n_1, p_1 die in Stufen ausgedrückten Helligkeitsdifferenzen des Veränderlichen und der Vergleichssterne a, b, c bedeuten.

Haben wir eine genügende Anzahl von Helligkeitswerten (in Stufenwerten) beieinander, können wir daran gehen, die *Lichtkurve* zu zeichnen. Das ist ohne weiteres möglich, wenn es sich um einen kurzperiodischen RR Lyrae-Veränderlichen oder um einen wesentlichen Teil der Helligkeitsänderung eines Algolsterns handelt (Bestimmung des Minimums nach Zeit und Form), oder aber um einen langsam veränderlichen Stern (Mira-Veränderliche). In einem Diagramm - wozu

in Zeiteinheiten und dessen Vertikalachse in Stufen eingeteilt ist, werden in Abhängigkeit von der Zeit, die zugehörigen Helligkeitswerte eingezeichnet. Die erhaltene Punktreihe wird durch eine möglichst glatt verlaufende Kurve verbunden. Für Veränderliche mit Perioden von mittlerer Dauer, bei welchen in einer Beobachtungsnacht stets nur ein Teil der Lichtkurve erhalten wird, müssen nach einem besonderen Verfahren alle Beobachtungen zu einer mittleren Lichtkurve vereinigt werden. (Abb. 2)

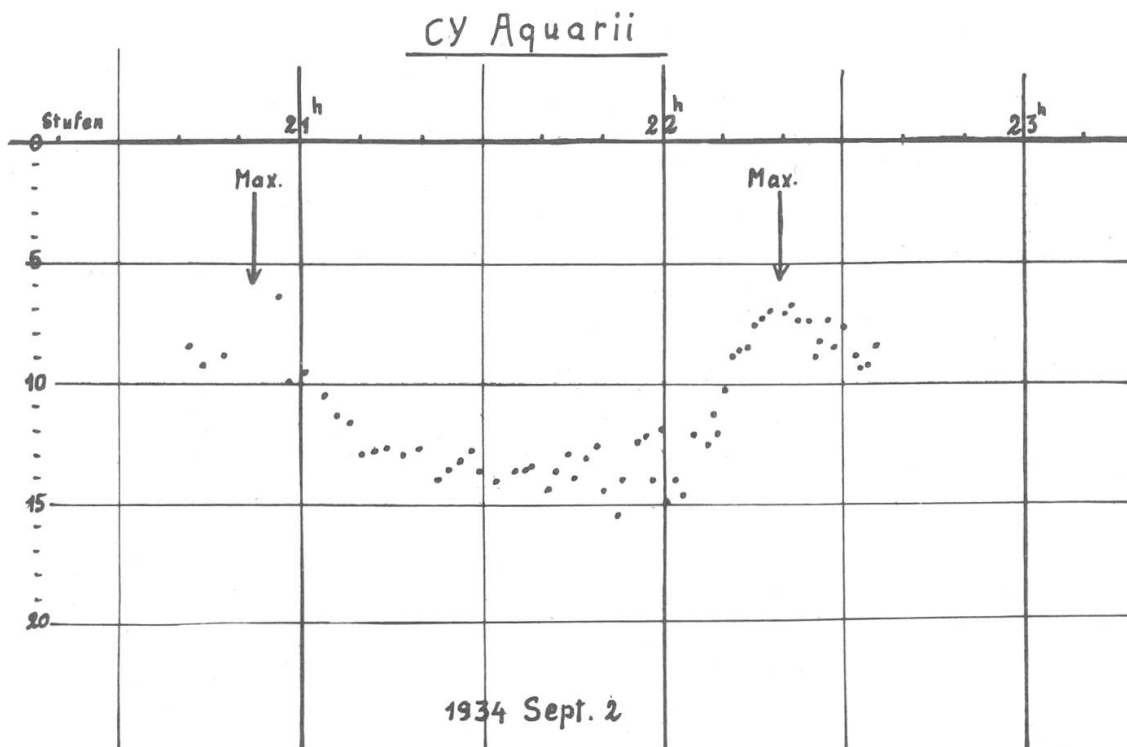


Abbildung 2: Beobachtungen von CY Aquarii.

Sind die photometrischen Helligkeiten der Vergleichssterne (event. auch nur einiger) bekannt, so können die Helligkeiten eines Veränderlichen ebenfalls im üblichen Grössenklassensystem angegeben werden. Die Uebertragung erfolgt wiederum am einfachsten durch ein Diagramm, in welchem die Zuordnung der photometrischen Grössen zu den Stufenhelligkeiten einzelner Vergleichssterne durch Punkte dargestellt werden, die mehr oder weniger gut durch eine Gerade verbunden werden können. Das bedeutet, dass die Umwandlung von Stufenhelligkeiten in Grössenklassen auch durch eine einfache Formel erfolgen kann. (Abb. 3)

Die Helligkeitsschätzungen können durch mannigfache *Beobachtungsfehler* verfälscht werden. Dass der Vergleich von Sternen mit grossen Helligkeitsunterschieden tunlichst vermieden werden soll, ist schon angedeutet worden, da die Erfassung der Helligkeitsdifferenz in solchen Fällen Schwierigkeiten bereitet. Es kann aber trotzdem Fälle geben, wo dies einfach nicht zu umgehen ist, z.B. bei der Beobachtung heller Novae.

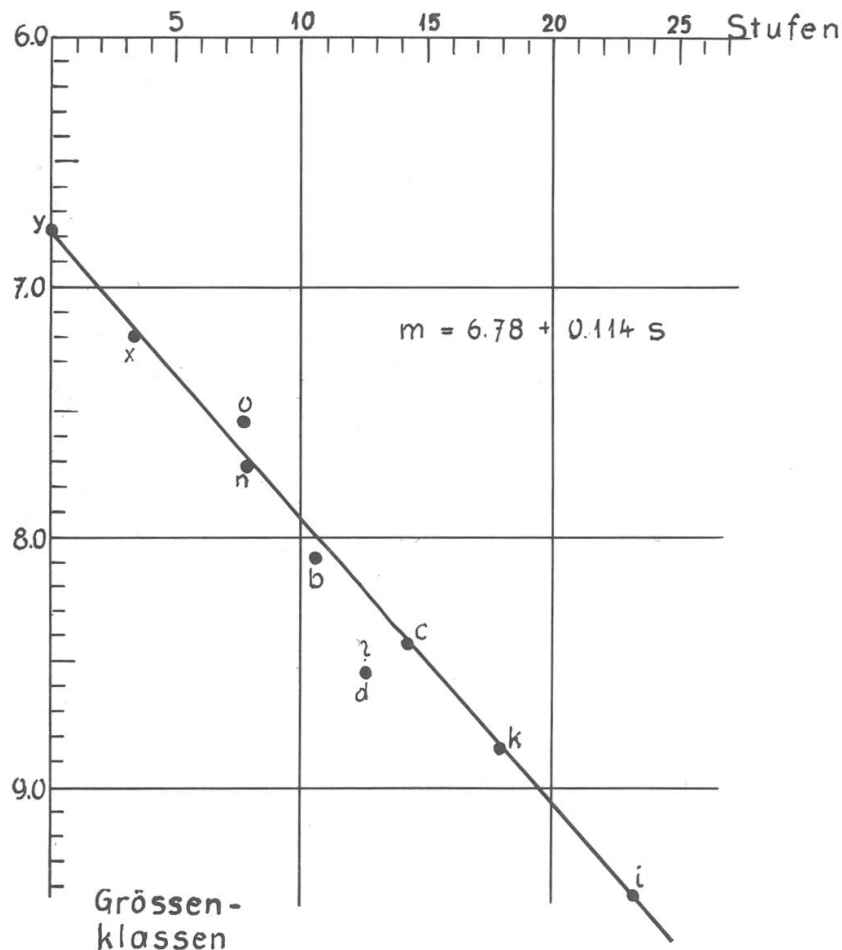


Abbildung 3: Umwandlung von Helligkeitsstufen in Grössenklassen.
(nach Schätzungen von U Cephei).

Es sollen, wenn immer möglich, als Vergleichssterne solche Sterne benützt werden, welche dem Veränderlichen punkto Farbe nahe kommen. Beim Vergleichen von Sternen verschiedener Farbe entstehen systematische Fehler, sog. *Farbfehler*. Nicht einmal die Feststellung der Helligkeitsgleichheit ist bei verschiedenfarbigen Lichtquellen möglich. Aber auch diese Forderung muss gelegentlich ausser acht gelassen werden, z.B. wieder bei der Beobachtung von neuen Sternen, die in gewissen Entwicklungsstadien ganz abnormale Farben zeigen.

Der veränderliche und der Vergleichssterne sollen einzeln, rasch nacheinander, anvisiert werden. Stellen wir den einen Stern etwa in die

Mitte des Gesichtsfeldes des Fernrohres und vergleichen wir ihn mit einem näher gegen den Rand liegenden Stern, so können sog. *Positionswinkelfehler* entstehen, Fehler in der Schätzung der Helligkeitsdifferenz, die sich mit der Stellung der Verbindungslinie der beiden Sterne zur Horizontalen ändern können.

Man beobachte auch nie in allzu grossen Zenitdistanzen: 70° kann für visuelle Beobachtungen als äusserste Grenze gelten. Vor allem aber vergleiche man, wenn möglich, nicht Sterne in verschiedenen Zenitdistanzen. Grund: differentielle Extinktion des Lichtes durch die Erdatmosphäre. Bei der Beobachtung von hellen Novae ist es aber wiederum oft unumgänglich, Sterne in verschiedenen Zenitdistanzen miteinander zu vergleichen. Es muss dann die unterschiedliche Extinktion bestmöglich in Anrechnung gebracht werden, wobei als erschwerender Umstand hinzu kommt, dass die Extinktion ja auch noch vom Spektraltypus, also von der Farbe abhängig ist.

Man vermeide Beobachtungen in der Dämmerung oder bei starkem Mondschein; auch Beobachtungen bei störendem künstlichem Licht werden fehlerhaft. Ausnahmen sind auch hier nicht zu vermeiden.

Noch etwas: Beobachtungen mit verschiedenen optischen Mitteln — mit blossem Auge, mit Feldstecher, mit dem Fernrohr — können nicht ohne weitere aneinander angeschlossen werden. Es ergeben sich Fehler, welche durch die scheinbare Helligkeit der Objekte bedingt sind. Der Anschluss von auf verschiedene Weise gewonnenen Helligkeiten muss durch Parallelbeobachtungen gesichert werden. Der Beobachter wird auch bald bemerken, dass es eine optimale Helligkeit gibt, bei welcher die Schätzungen am sichersten ausfallen.

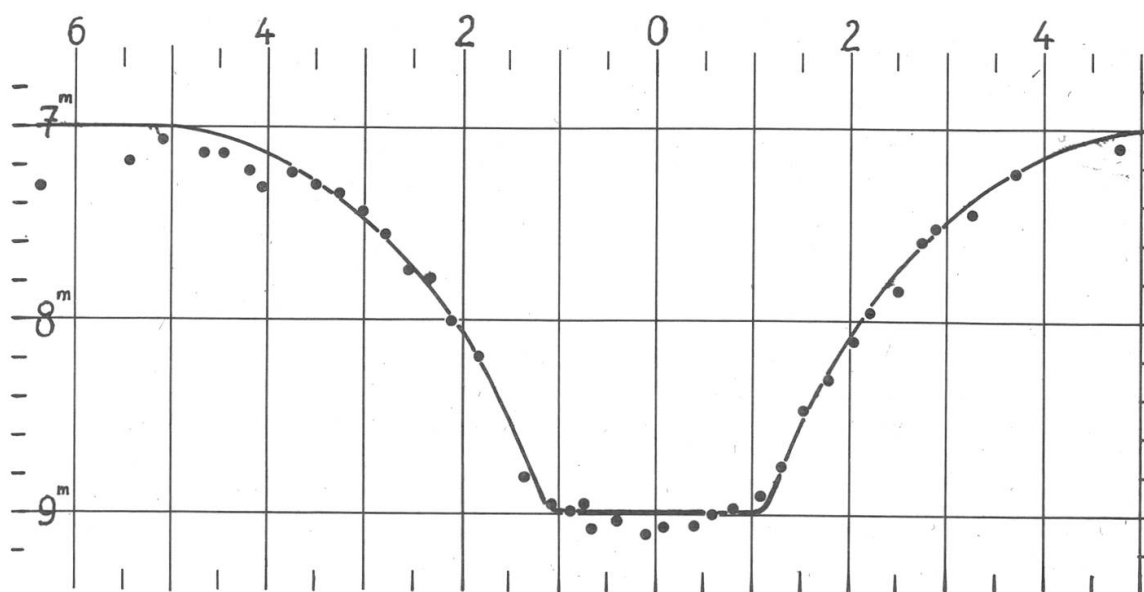


Abbildung 4: Hauptminimum des Veränderlichen U Cephei.
Nach Beobachtungen September 1938-März 1939.

II. Die Pickeringsche Interpolationsmethode.

Sind die Helligkeitswerte der Vergleichssterne gegeben, so kann man die Helligkeit eines Veränderlichen durch Einschätzen zwischen zwei passende Vergleichssterne, von denen der eine heller, der andere schwächer sein muss als der Veränderliche, direkt in Grössenklassen angeben. Man benötigt bei dieser Methode Karten, in welchen die Helligkeiten einer gewissen Sequenz von Vergleichssterne angegehen sind. Solche Karten können bei der A.A.V.S.O. bezogen werden, allerdings nur für Veränderliche gewisser Klassen, vor allem für die langperiodischen, halb- und unregelmässig veränderlichen Sterne. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass über die Farben der Sterne keinerlei Angaben vorhanden sind. Es ist daher sehr wohl möglich, dass dem einen oder andern Beobachter die Helligkeit

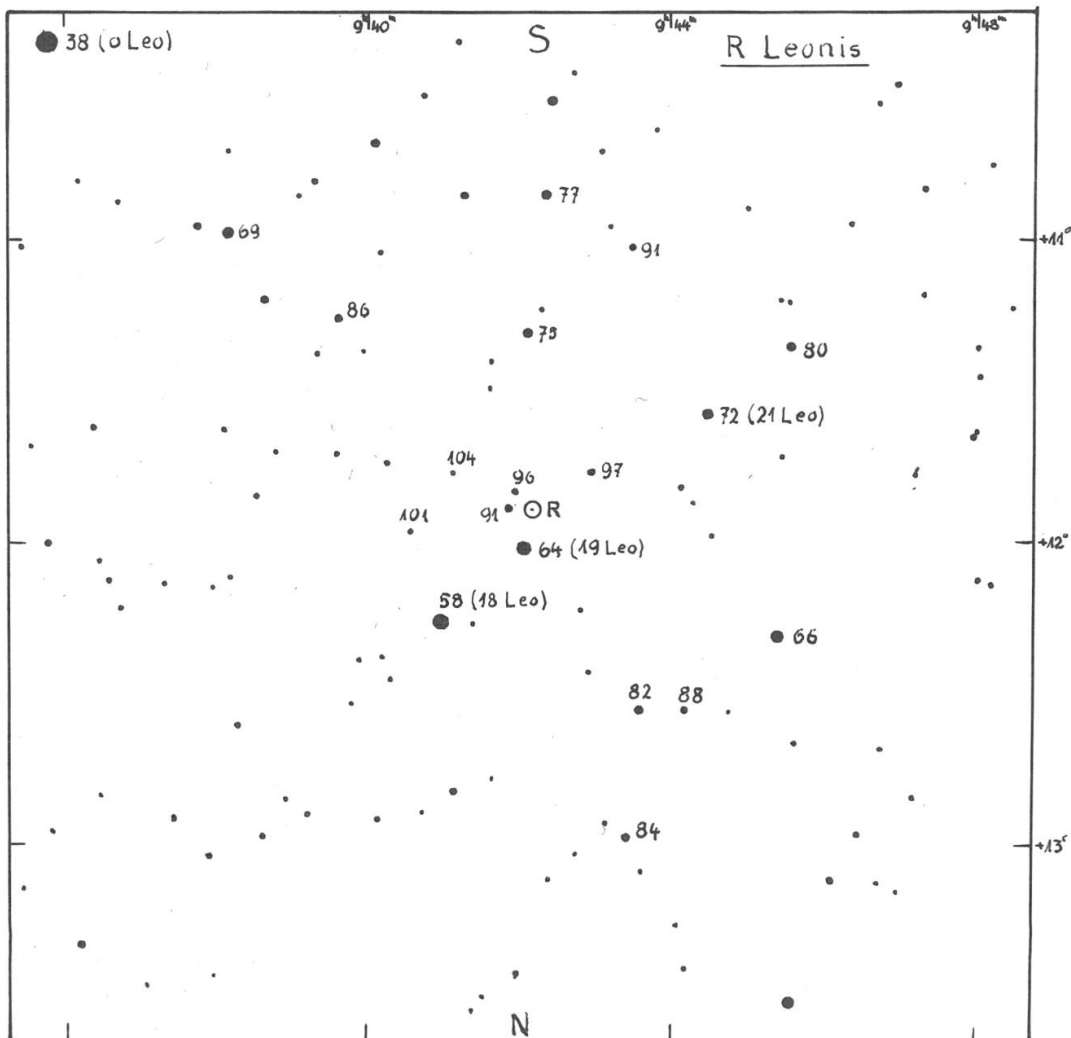


Abbildung 5: Umgebung des Veränderlichen R Leonis (Mira Veränderlicher)
 Beispiel mit selten gleichmässiger Verteilung der Vergleichssterne
 über das ganze vom Veränderlichen überstrichene Helligkeitsintervall.
 Die Zahlen geben die Helligkeiten in Zehntel-Grössenklassen.

des einen oder andern Vergleichssterne anders erscheinen mag. Das hängt mit der von Beobachter zu Beobachter wechselnden Farbenempfindlichkeit seiner Augen zusammen. Als Folge dieses Umstandes ergeben sich bei Helligkeitsschätzungen heller Novae oft sehr unterschiedliche Angaben, die bis zu einer Grössenklasse auseinandergehen können. Abgesehen hiervon arbeitet die Pickeringsche Methode sehr speditiv. Durch 322 Mitglieder der A.A.V.S.O. wurden nach dem letzten Jahresbericht ihres Direktors, Mrs. Margaret W. Mayall, im letzten Jahr 69830 Beobachtungen von veränderlichen Sternen eingesandt, die sich auf etwa 700 Veränderliche beziehen. Die Beobachtungen werden gemeinsam bearbeitet und publiziert.

Die Genauigkeit der visuellen Beobachtungsmethoden, der Argelanderschen wie der Pickeringschen beträgt etwa 0.1^m . Viel weiter kommt auch die photographische Methode nicht. Ihr Vorteil liegt darin, dass die photographischen Aufnahmen Dokumentarcharakter haben, dass sie immer wieder vermessen und verarbeitet werden können. Dazu kommt, dass auf Aufnahmen, die mit kurzbrennweitigen Objektiven erhalten wurden, meist mehrere Veränderliche registriert werden. Sie eignen sich daher für eigentliche Ueberwachungsaufgaben.

Adresse des Verfassers:

Dr. E. LEUTENEGGER, Rüegethorfstrasse 17, Frauenfeld.