



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

131. Veränderliche Sterne

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

Für Pallas ergibt sich auf diese Weise ein Durchmesser von 30 geographischen Meilen.

Victoria erscheint als ein Stern zehnter Grösse; für sie ist $r_1 = 2,33$, $q_1 = 1,33$, und danach ergibt sich für dieselbe

$$d_1 = 9,8 \text{ geographische Meilen.}$$

Uranus erscheint zur Zeit der Opposition als ein Stern von gut sechster Grösse, wir können für ihn also $n = 5,8$ setzen; ferner ist für ihn $r_1 = 19,18$, $q_1 = 18,18$, wonach sich nach Gleichung 5) ergibt

$$d_1 = 5688 \text{ geogr. Meilen,}$$

während sich aus der Messung des scheinbaren Durchmessers (4,12 Sekunden) ein Durchmesser von 7396 geographischen Meilen für Uranus ergibt.

Uebrigens ist die von Stampfer gemachte Voraussetzung über das gleiche Reflexionsvermögen der Planeten keineswegs zutreffend. Die kleinen Planeten zeigen nämlich vielfach einen deutlich ausgeprägten Lichtwechsel, welcher schon früh zu der Annahme geführt hat, dass sie entweder mit dunklen Flecken versehen sind, oder zum Theil unregelmässige Gestalten haben, die von der Kugelgestalt stark abweichen. Genaue photometrische Untersuchungen, welche G. Müller in Potsdam ausgeführt hat, haben gezeigt, dass die Helligkeitsänderungen der kleinen Planeten im Zusammenhange mit ihren Phasen stehen, dass aber der Einfluss der Phase nicht bei allen kleinen Planeten der gleiche ist, dass auch auf die Helligkeitsänderungen das Lambert'sche Phasengesetz nicht anwendbar ist. Lambert hat nämlich schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts eine Formel für die von einer theilweise erleuchteten Kugel reflectirte Lichtmenge abgeleitet, welche das von der Venus ausgestrahlte Licht gut darstellt, dagegen beim Monde, dem Mars und überhaupt wohl bei allen Körpern mit sehr rauher Oberfläche nicht zutrifft. Die kleinen Planeten verhalten sich in dieser Beziehung verschieden, woraus geschlossen werden kann, dass die Beschaffenheit ihrer Oberfläche nicht die gleiche ist.

131 Veränderliche Sterne. Der erste Stern, an welchem ein regelmässiger Wechsel der Lichtstärke beobachtet wurde, ist α Ceti. David Fabricius hatte ihn am 12. August 1596 als einen Stern zweiter Grösse beobachtet und im October desselben Jahres verschwinden sehen; die periodische Veränderlichkeit dieses Sternes entdeckte aber Holwarda, Professor zu Franeker, im Jahre 1639.

Der fragliche Stern, welcher dieser merkwürdigen Erscheinung wegen auch Mira Ceti genannt wurde, erreicht im Maximum den Glanz eines Sternes zweiter Grösse; seine Helligkeit nimmt aber dann wieder so ab, dass er für das blosse Auge vollständig verschwindet. Mit Fernrohren ist er zur Zeit seines Lichtminimums schon als ein Stern elfter bis zwölfter Grösse beobachtet worden, so dass es nicht ganz ausgemacht

ist, ob er immer ganz verschwindet. Das Maximum seines Lichtglanzes erreicht ebenfalls nicht immer dieselbe Grösse; während er manchmal, wie bereits bemerkt wurde, die Helligkeit eines Sternes zweiter Grösse erreicht, wird er bisweilen auch zur Zeit seines Maximums nur noch einem Sterne fünfter Grösse gleich.

Die Periode, in welcher Mira Ceti den ganzen Cyclus der erwähnten Veränderungen durchläuft, dauert 331 Tage. Im Mittel dauert die Zeit der Lichtzunahme von der sechsten Grösse bis zum Maximum 50 Tage, die der Lichtabnahme vom Maximum bis zur sechsten Grösse 69 Tage, so dass der Stern ungefähr vier Monate mit blossen Augen sichtbar bleibt. Zuweilen hat diese Sichtbarkeit sich auf fünf Monate gesteigert, während sie zu anderen Zeiten nur drei Monate gewesen ist. Ebenso ist auch die Dauer der Zu- und Abnahme des Lichtes grossen Schwankungen unterworfen.

Im Jahre 1669 erkannte Montanari die Veränderlichkeit des Sternes β Persei (Algol am Medusenhaupt), der unter den veränderlichen Sternen eine der kürzesten Perioden zeigt; denn diese beträgt nur 2 Tage 20 Stunden 49 Minuten, also nahezu 69 Stunden. 62 Stunden dieser Periode ist er Stern zweiter Grösse, etwa $3\frac{1}{2}$ Stunden braucht er, um zur vierten Grösse abzunehmen und ungefähr ebenso viel Zeit, um seinen gewöhnlichen Glanz wieder zu erlangen.

Diese eigenthümliche Art des Lichtwechsels lässt kaum eine andere Erklärung zu, als dass durch irgend eine undurchsichtige Masse das Licht theilweise verdeckt wird, seien es nun dunkle Flecken auf dem Sterne, die bei der Rotation desselben um seine Axe uns periodisch zugekehrt werden, sei es ein dunkler Körper, der um den Stern rotirt. Von dem Amerikaner Pickering ist diese letzte Ansicht vertreten worden, und er hat auch einen Versuch gemacht, die Elemente des Satelliten zu ermitteln.

Wenn nämlich ein kugelförmiger, dunkler Körper vor einen hellen tritt, so sind, wie bei den Sonnenfinsternissen, drei Arten der Bedeckungen möglich. Erstens kann die Bedeckung, entsprechend einer totalen Finsterniss, derartig sein, dass das Licht des hellen Körpers, wenigstens für kurze Zeit, ganz verschwindet. Dies ist nun thatsächlich bei Algol nicht der Fall. Zweitens kann die Finsterniss eine ringförmige sein, dann wird die Helligkeit bis zu einem gewissen Minimum abnehmen, darauf eine Zeit lang constant sein und schliesslich wieder zunehmen. Drittens kann aber die Bedeckung eine partiale sein; in diesem Falle wird das Licht verdunkelt bis zu einem Minimum, und dann sofort heller werden. Aus den sehr vielen Beobachtungen des Algol geht nun hervor, dass der dritte Fall hier zutrifft. Pickering hat nun versucht, das Verhältniss der Durchmesser der beiden Körper zu ermitteln. Es ist ziemlich festgestellt, dass bei der grössten Dunkelheit die Lichtstärke des Algol 0,416 der normalen Helligkeit ist; es muss also der Begleiter 0,584 der Helligkeit auffangen. Wir können nun leicht bestimmen, wie

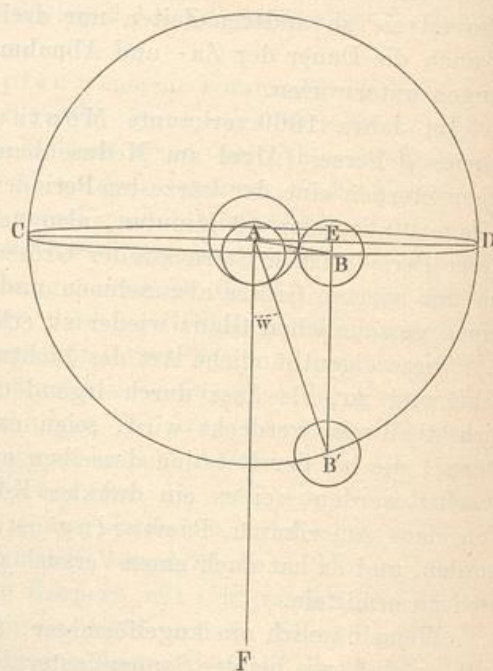
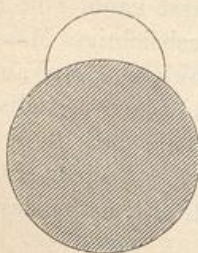
gross mindestens der Durchmesser des Begleiters im Verhältniss zu dem des Hauptsternes ist. Wenn nämlich eine innere Berührung der Ränder stattfindet (Fig. 198), und gleichzeitig der dunkle Stern 0,584 der Helligkeit des Hauptsternes auffängt, dann verhalten sich die Durchmesser der beiden Sterne wie $1 : \sqrt{0,584} = 1 : 0,764$. Kleiner als 0,764 kann demnach der Durchmesser des Satelliten nicht sein, wohl aber könnte er erheblich grösser sein (Fig. 199). Nun wird aber die Schnelligkeit der Ab- und Zunahme des Lichtes von der relativen Grösse der Durchmesser abhängen, und mit Berücksichtigung hiervon fand Pickering, dass

Fig. 200.

Fig. 198.



Fig. 199.



nahezu eine innere Berührung, wie sie in Fig. 198 angedeutet ist, stattfinden müsse.

Ist das Verhältniss der Durchmesser aber bekannt, so lassen sich auch andere Elemente finden. Zunächst ergiebt sich die Umlaufszeit direct aus der Periode; dieselbe scheint allerdings nicht ganz gleichmässig zu sein, ist aber im Mittel nahezu 2 Tage 20 Stunden 48,9 Minuten.

Es sei nun A (Fig. 200) der Mittelpunkt des Hauptsternes, B der des Begleiters in dem Moment, wo die Verdunkelung des Lichtes beginnt, CDB die Bahn des Begleiters, wie sie für einen Beobachter auf der Erde sich an der Himmelskugel projicirt. Die wahre Bahn wollen wir der Einfachheit wegen als kreisförmig annehmen. Wir denken uns von B aus auf die grosse Axe CD der scheinbaren Bahn ein Loth BE gefällt, und setzen $AE = x$, $EB = y$. Jetzt wollen wir uns die wahre

Bahn soweit um die Linie CD gedreht denken, dass sie mit der Ebene des Papiers zusammenfällt und durch den Kreis CDB' dargestellt wird; dann wird B nach B' kommen, so dass EB' senkrecht auf CD steht.

Es werde nun die Richtung von dem Hauptstern nach dem Begleiter in der wahren Bahn mit w bezeichnet, und von derjenigen Richtung aus gerechnet, in welcher sich der Begleiter zu der Zeit befindet, wenn das Minimum des Lichtes stattfindet. Diese letztere Richtung würde in unserer Figur der Richtung der Linie AF entsprechen, wo $AF \perp CD$ ist, und es ist demnach der Winkel $FAB' = w$; ferner wollen wir die halbe grosse Axe AD der scheinbaren Bahn mit a und ihre halbe kleine Axe mit b bezeichnen. Wir haben dann

$$\begin{aligned} AE = x &= AB' \cos(90^\circ - w) \\ &= a \sin w. \end{aligned}$$

Ferner ist

$$\begin{aligned} EB' &= AB' \sin(90^\circ - w) \\ &= a \cos w. \end{aligned}$$

Nach einem bekannten Satze verhält sich aber EB' zu EB wie a zu b , also ist

$$a \cos w : y = a : b,$$

und

$$y = b \cos w.$$

Wir verbinden nun A mit B und setzen $AB = D$, dann ist $D^2 = x^2 + y^2$. Es ist aber auch D gleich der Summe der Halbmesser der beiden Gestirne, und setzen wir den Halbmesser des Hauptsternes $= 1$, so ist, wie oben gezeigt, der Halbmesser des Begleiters $= 0,764$, folglich wird

$$\begin{aligned} (1,764)^2 &= x^2 + y^2 \\ &= a^2 \sin^2 w + b^2 \cos^2 w \quad \dots (1) \end{aligned}$$

w ist aber der Bogen, den der Begleiter in seiner Bahn während der Zeit beschreibt, welche zwischen der ersten Abnahme des Lichtes und der grössten Verdunkelung verfliesst; diese Zeit hat sich aus den Beobachtungen zu 4 Stunden und 35 Minuten ergeben. Die Zeit eines ganzen Umlaufes ist durch die Periode des Lichtwechsels gegeben, und diese beträgt, wie oben erwähnt, 2 Tage 20 Stunden 48,9 Minuten. Wir haben also das Verhältniss:

$$360^\circ : w = 2^t 20^h 48,9^m : 4^h 35^m,$$

oder:

$$\begin{aligned} w &= \frac{360 \times 4^h 35^m}{68^h 48,9^m} \\ &= 24,0^\circ. \end{aligned}$$

Danach geht die Gleichung (1) in folgende über:

$$(1,764)^2 = 3,112 = 0,165 a^2 + 0,835 b^2.$$

Die Grösse b , oder die halbe kleine Axe der scheinbaren Bahn können wir aber leicht bestimmen; sie ist nämlich gleich der Entfernung

der Mittelpunkte der beiden Gestirne zur Zeit ihrer scheinbaren inneren Berührung, oder

$$\begin{aligned} &= 1 - 0,764 \\ &= 0,236. \end{aligned}$$

Also erhalten wir die Gleichung:

$$\begin{aligned} 3,112 &= 0,165 a^2 + 0,835 (0,236)^2 \\ &= 0,165 a^2 + 0,047 \\ a^2 &= \frac{3,065}{0,165} \\ a &= 4,310, \end{aligned}$$

während wir fanden:

$$b = 0,236.$$

Die Einheit ist hier also der Halbmesser des Hauptsternes. Als weiteres Element lässt sich noch die Neigung der Bahnebene gegen eine auf der Gesichtslinie senkrechte Ebene ermitteln. Denn denken wir uns die wahre Bahn CDB' (Fig. 194) wieder um die Axe CD und zwar um einen Winkel J gedreht, so wird in der auf die ursprüngliche Ebene projicirten Bahn CDB der Abstand eines jeden Punktes von der Axe CD im Verhältniss des Cosinus des Winkels J verkürzt erscheinen. So ist z. B. $EB = EB' \cos J$ und also auch die halbe kleine Axe $b = a \cdot \cos J$. Daher erhalten wir:

$$\cos J = \frac{b}{a},$$

und da b und a gegeben sind, so lässt sich hieraus J finden. Wir erhalten in unserem Beispiele also:

$$\cos J = \frac{0,236}{4,310},$$

und daraus:

$$J = 86^\circ 52'.$$

Gegen die Annahme einer kreisförmigen Bahn scheint der Umstand zu sprechen, dass die Dauer der Zunahme des Lichtes der Dauer der Abnahme nicht völlig gleich ist, woraus man auf eine ungleichförmige Bewegung des Satelliten in seiner Bahn schliessen könnte, indessen haben Versuche von Pickering, eine elliptische Bahn zu ermitteln, die den Beobachtungen besser genügt, zu keinem besonders günstigen Resultate geführt. In der That lässt sich die beobachtete Ungleichförmigkeit auch auf andere Weise erklären, z. B. durch die Annahme, dass der Satellit keine kugelförmige, sondern eine unregelmässige Gestalt hat.

Wir dürfen nun nicht annehmen, dass der Hauptstern im Raume unbeweglich ist und der Begleiter um ihn eine Bahn beschreibt, sondern beide Gestirne müssen Bahnen um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt beschreiben. In der obigen Rechnung konnten wir allerdings alle Be-

wegungen des Sternsystemes auf den Hauptstern beziehen, den wir dabei als unbeweglich annehmen; wir erhielten dadurch die relative Bewegung des Begleiters gegen den Hauptstern und eine Bahn, welche der wahren Bahn eines jeden der Componenten ähnlich und nur an Grösse von ihr verschieden ist. So wird also auch der sichtbare Hauptstern in $2^h 20^m 49^s$ eine Kreisbahn um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt beschreiben, und man könnte fragen, ob diese Bewegung nicht durch genaue Messinstrumente nachzuweisen ist?

Versuche, welche in dieser Richtung gemacht sind, haben zu keinem Ziele geführt, und es lässt sich auch zeigen, dass wahrscheinlich die scheinbare Bewegung des Sternes zu klein ist, als dass sie gemessen werden könnte. Nehmen wir an, dass der scheinbare Durchmesser Algols zu klein ist, um im Fernrohr wahrnehmbar zu sein, dass Algol dieselbe Leuchtkraft habe, wie ein Theil der Sonne von der gleichen scheinbaren Oberfläche, so finden wir, dass der Durchmesser Algols nur $0,006''$ beträgt, woraus sich die halbe grosse Axe der scheinbaren Bahn zu $0,026''$ ergibt. Nehmen wir nun ferner an, dass der Hauptstern und der Begleiter die gleiche Dichtigkeit haben, so werden sich ihre Massen verhalten wie die Volumina oder wie die Cuben der Halbmesser. Letztere verhalten sich aber wie $1:0,764$, also verhalten sich die Massen wie $1:(0,764)^3$ oder wie $1:0,446$. Daraus ergibt sich die Entfernung des Hauptsternes vom Schwerpunkte zu $0,008''$, und die des Begleiters zu $0,018''$. Der sichtbare Stern beschreibt demnach eine Kreisbahn von $0,008''$ Radius, und eine so geringe Bewegung, die innerhalb weniger Stunden eintritt, lässt sich nicht mit Sicherheit nachweisen. Von einer anderen Methode, die Bewegung des Sternes zu messen, welche mehr Sicherheit bietet, wird weiter unten die Rede sein.

Sterne von der Art des Lichtwechsels von Algol sind bis jetzt folgende neun bekannt:

| Stern | Rectasc. | Decl. | Periode | Grösse | |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------|---|--------|------|
| | 1900,0 | | | Max. | Min. |
| U Ophiuchis | 17 ^h 11,5 ^m | + 1 ^o 19' | 0 ^t 20 ^h 7 ^m 42 ^s | 6,0 | 6,7 |
| R Can. maj. | 7 14,9 | — 16 12 | 1 3 15 55 | 5,9 | 6,7 |
| Y Cygni | 20 48,0 | + 34 17 | 1 11 56 48 | 7,1 | 7,9 |
| ♂ Librae | 14 55,6 | — 8 7 | 2 7 51 23 | 5,0 | 6,2 |
| U Cephei | 0 53,4 | + 81 20 | 2 11 49 45 | 7,1 | 9,2 |
| β Persei | 3 1,6 | + 40 34 | 2 20 48 55 | 2,3 | 3,5 |
| U Coronae | 15 14,1 | + 32 1 | 3 10 51 9 | 7,5 | 8,9 |
| λ Tauri | 3 55,1 | + 12 12 | 3 22 52 12 | 3,4 | 4,2 |
| S Cancri | 8 38,2 | + 19 24 | 9 11 37 45 | 8,2 | 9,8 |

Von anderen Veränderlichen mögen folgende erwähnt werden:

χ Cygni, zuerst im Jahre 1686 von Kirch als veränderlich erkannt, mit einer Periode von im Mittel 406 Tagen, die aber starken Schwankungen unterworfen ist. Die Helligkeit schwankt zwischen der vierten und dreizehnten Grösse; die Farbe des Sternes ist sehr intensiv roth, und sein Lichtwechsel wird am einfachsten durch dunkle Flecken, etwa Schlackenbildungen, von unregelmässiger und wechselnder Gestalt erklärt, verbunden mit einer Rotation des Sternes um seine Axe.

R Hydrae, von Hevel 1662 wahrscheinlich als sechster Grösse, von Montanari 1670 als vierter Grösse beobachtet, und 1704 von Maraldi als veränderlich erkannt. Die Helligkeit beträgt im Maximum $4\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{2}$ Grösse, im Minimum etwa zehnte Grösse. Seine Periode ist ziemlich unregelmässig und nimmt deutlich ab. Sie betrug:

| | |
|----------------|-----------|
| 1708 | 500 Tage, |
| 1785 | 487 " |
| 1825 | 461 " |
| 1870 | 437 " |

Unter den anderen im vorigen Jahrhundert als veränderlich erkannten Sternen ist einer der merkwürdigsten β Lyrae. Dieser Stern hat in seiner Periode von 12 Tagen und 22 Stunden zwei deutliche Maxima und zwei Minima. In dem einen Minimum hat er die Helligkeit 4,5, dann folgt ein Maximum von 3,4. Grösse nach 3 Tagen 2 Stunden, dann folgt wieder ein Minimum von der 3,9. Grösse nach 3 Tagen 8 Stunden, und diesem wieder ein Maximum der 3,4. Grösse nach 3 Tagen 3 Stunden. Die Perioden sind übrigens etwas veränderlich.

Einer der merkwürdigsten Veränderlichen ist der auf der südlichen Halbkugel befindliche Stern η Argus. Halley hatte diesen Stern im Jahre 1677 vierter Grösse geschätzt. Lacaille schätzte ihn 1751 zweiter Grösse, und Burchell 1811 bis 1815 wieder vierter Grösse. In den Jahren 1822 bis 1826 wurde er von Fallows und Brisbane (Astronomen am Cap) wieder zweiter Grösse geschätzt, und im Februar 1827 von Burchell erster Grösse, gleich dem Sterne α im südlichen Kreuz. Ein Jahr später, im Februar 1828, war er zweiter Grösse und blieb so etwa bis 1833. Zwischen 1834 und 1837 wurde er von Herschel zwischen der zweiten und ersten Grösse taxirt. Am 16. December 1837 sah Herschel den Stern plötzlich sehr viel heller, und an Helligkeit alle Sterne erster Grösse, ausser Sirius und Canopus, übertreffend; sehr nahe dem Sterne α Centauri. Er nahm noch etwas an Helligkeit zu, bis er am 2. Januar 1838 das Maximum erreichte; dann nahm er fünf Jahre lang sehr langsam an Helligkeit ab, blieb aber immer erster Grösse. Im April 1843 wurde er wieder viel heller, übertraf den Canopus und wurde dem Sirius nahezu gleich. In dieser Helligkeit blieb er sieben Jahre hindurch; dann nahm die Helligkeit beträchtlich ab, 1863 war er fünfter Grösse, jetzt ist er siebenter Grösse.

Man hat in neuerer Zeit die veränderlichen Sterne in fünf Classen eingetheilt, und zwar:

1. Sterne vom Typus des Algol.
2. Sterne wie α Ceti, η Argus u. a., mit Perioden zwischen sechs Monaten bis zu mehreren Jahren, deren Helligkeit in den verschiedenen Perioden häufig sehr ungleich ist, und bei denen zu Zeiten die Helligkeit einige hundertmal grösser ist als zu anderen.
3. Sterne von schwachem Lichtwechsel ohne erkennbare Periode. Zu diesen gehören α Orionis und α Cassiopejæ, ausserdem sehr viele, vielleicht die meisten Sterne.
4. Sterne von raschem Lichtwechsel, welche mehr als ein Maximum und Minimum haben (β Lyrae).
5. Temporäre Sterne, von denen das folgende Capitel handeln wird.

Temporäre Sterne. Manchmal erscheinen plötzlich neue Sterne 132
am Himmel, welche kurze Zeit glänzen, um alsbald wieder zu verschwinden.

So berichtet Plinius, dass Hipparch das Aufleuchten eines hellen Sternes beobachtet habe und hierdurch veranlasst worden sei, einen Sternkatalog anzufertigen, damit ähnliche Erscheinungen in Zukunft leichter bemerkt würden. Nach den Chinesischen Annalen sind in früheren Zeiten öfter Sterne aufgeleuchtet, so einer im Jahre 134 v. Chr. (vielleicht mit dem Hipparch'schen identisch) im Sternbilde des Skorpion, ein anderer im Jahre 123 n. Chr. zwischen α Herculis und α Ophiuchi, ferner 173 n. Chr. im Centauren, 369 und 386 im Schützen, 393 und 1203 im Skorpion, 1230 zwischen dem Ophiuchus und der Schlange.

Ferner haben wir folgende Nachrichten über neu erschienene Sterne:

Im Jahre 389 erschien nach dem Zeugniß des Cuspinianus ein neuer Stern nahe bei α Aquilæ, welcher mit der Helligkeit der Venus aufloderte und nach drei Wochen spurlos verschwand.

Einer der merkwürdigsten unter den temporären Sternen ist der vom Jahre 1572, welchen Tycho Brahe sorgfältig beobachtet hat. Er erschien im November im Sternbilde der Cassiopeja, und erreichte in der ersten Zeit die Helligkeit der Venus in ihrem grössten Glanze, so dass er selbst um Mittag bei klarer Luft gesehen werden konnte. Im December 1572 begann sein Glanz abzunehmen und er verschwand endlich im März 1574, 16 Monate nach seinem ersten Erscheinen. Anfangs blendend weiss, wurde er im März 1573 röthlich und im Januar 1574 wieder weiss.

Ein böhmischer Astronom, Cyprianus Leovitius, versichert, in einer handschriftlichen Chronik die Nachricht gefunden zu haben, dass im Jahre 945 sowohl als auch im Jahre 1264 zwischen den Constellationen des Cepheus und der Cassiopeja ganz nahe der Milchstrasse ein glänzender Stern erschienen sei; darauf gründete sich nun die Ansicht einiger Astronomen, dass der schöne Stern ein periodischer sei und