

AE Aqr - Weißer Zwerg mit 33-Sekunden-Periode - geht das überhaupt?

Hans-Günter Diederich

AE Aqr ist eine Zwergnova (des Typs "intermediate polar"), die mir bereits 2003 in der Literatur durch eine Rotationsperiode der primären Komponente (einem Weißen Zwerg) von nur 33 s aufgefallen war. In einer Arbeit fand sich zudem der Begriff "magnetic propeller". Und beides zusammen klang interessant.

Am 24.11.03 hatte ich also AE Aqr mit einer Integrationszeit von 100 s und mit "lumen"-Filter aufgenommen. Er war wie zu erwarten sehr hell und steht erfreulicherweise recht isoliert in einem überschaubaren FoV. Also genau richtig für eine Lichtkurve. Nur der Horizont war zu nahe. Aber das kann ja wiederholt werden. Es blieb also zunächst bei einem Belegbild [Abb.1].



"Rotationsperiode von nur 33 s" - würde man das nachweisen können? Vielleicht mit einem größeren Teleskop. Aber vielleicht gibt es ja noch einen längerperiodischen Lichtwechsel, der nicht von der Rotation der Primärkomponente verursacht wird, sondern von der Orbitalbewegung des gesamten Systems. Denn AE Aqr ist eine Zwergnova, also ein Doppelsternsystem. Ich bin gespannt.

Bevor es aber soweit ist, tauche ich erst einmal in die Literatur ein, die sich bei mir als Folge von Abstracts von astro-ph angesammelt hat ...

In astro-ph/0602393, "Roche tomography of cataclysmic variables -- III. Starspots on AE Aqr", Watson et al. (2006), wird Tomografie angewandt, um die Sekundärkomponente zu "rekonstruieren", den Stern, von dem die Primärkomponente, ein Weißer

Zwerg, Materie abzieht, die dann schließlich heftig auf ihm einschlägt. Aber bleiben wir zunächst beim Geberstern ("donor"), bändigen wir für einen Augenblick unsere Neugier, denn auch der Geber ist interessant. Auf ihm befinden sich nämlich mehrere Inhomogenitäten, die als große, kühle Sternflecken interpretiert werden. Und es gibt sie nicht nur auf niederen Breiten, sondern sie kommen auch in höheren Breiten vor. Und dazwischen, bei 40° , gibt es eine Lücke, wo sich erheblich weniger finden. Die Autoren schätzen, dass ca. 18% der nördlichen Hemisphäre des Gebersterns von Flecken bedeckt sind.

Ein paar Fragen zwischendurch, zum Verweilen auf unserem sich dramaturgisch steigernden Weg, dem Materiestrom folgend, bis dieser schließlich beim Weißen Zwerg ankommt:

Was sind Sternflecken?

Klar das sind Sonnenflecken, weil sie nicht auf der Sonne sind, heißen sie Sternflecken. Hätte der Geberstern einen Namen, wären sie nach ihm benannt. Hätte unsere Erde Flecken, hießen die auch Erdflecken. Zurück ins All, nach AE Aqr ...

Nächste Frage, was ist Tomografie (Doppler-Tomografie)?

Das ist keine Thermografie, aber hat ebenfalls mit Wärme zu tun. Spektrallinien des Doppelsternsystems werden während der gesamten Umlaufperiode aufgezeichnet und analysiert. Und daraus gewinnt man dann so eine Art von indirektem Bild des Doppelsternsystems. Ich werde das hier nicht weiter vertiefen, genau verstanden habe ich es auch nicht. Wen das aber brennend interessiert, kann mal auf astro-ph eine Volltextsuche nach "tomography" starten. Da gibt es wirklich interessante Abbildungen von Systemen, die wir und die Profis nur als 1 Pixel auf unseren/ihreren CCD-Aufnahmen erkennen. Und dennoch gelingt es, aufgelöste "Bilder" zu erhalten. Einfach toll!

Jetzt geht es aber weiter mit AE Aqr. Watson et al. (2006) haben die "entropy landscape technique" benutzt (wieder so eine tolle Technik, zum Analysen von Zwergnovae, von der wir üblicherweise nichts mitbekommen), um die genauen Parameter des Doppelsternsystems zu bestimmen. M1 (die Masse der primären Komponente, also vom Weißen Zwerg) beträgt danach $0.74 M_{\text{sun}}$ und M2 = $0.50 M_{\text{sun}}$ ist die Größe der Masse des Gebersterns. Beide umlaufen einander auf einer Bahn, deren Ebene zu unserer Blickrichtung um 66° geneigt ist (Inklination).

Die Autoren freuen sich über ihren Erfolg, dem wohl ersten bildhaften Nachweis von Sternflecken auf der Sekundärkomponente eines kataklysmischen Veränderlichen (Zwergnova) und beenden ihre Arbeit mit einem Ausblick auf die zukünftige Erforschung von Zwergnovae mit den von ihnen angewandten Methoden.

Und es geht weiter mit arXiv:0705.2120, „Imaging the cool stars in the interacting binaries AE Aqr, BV Cen and V426 Oph“, Watson et al. (2007).

Die Konzepte, welche hinter dem indirekten "imaging" dieser Systeme stehen, werden gesichtet und zusammengefasst. Vielleicht ist das eine geeignete Arbeit zum ersten Einstieg für den "todernsten" Amateur. Der lebenslustigere Sternfreund dürfte sich

dagegen mehr von den Animationen ("movies") der Verteilung der Sternflecken auf kühlen Sternen gefangen nehmen lassen.

Wir verlassen jetzt den Geberstern, begeben uns in Richtung auf den Weißen Zwerg und stoßen alsbald auf eine Scheibe, die im Weg liegt und von uns durchdrungen werden muss. Das ist die vielfach wohl schon gelesene Akkretionsscheibe. In ihr sammelt sich das vom Geberstern abgezogene Gas, das ja wegen des Drehimpulses (Erhaltung des Drehimpulses) nicht geradlinig auf den Weißen Zwerg zufliegen kann. Das könnte man mal auf einem Kinderspielplatz, auf der dortigen Drehscheibe ausprobieren. Wichtiger Hinweis: da diese Spielplätze üblicherweise für Kinder oberhalb von 14 Jahren gesperrt sind, sollte man seine Versuche im Dunkeln mit einer rot leuchtenden Taschenlampe ausführen. Als Verfasser dieser Zeilen lehne ich allerdings jegliche Haftung ab. Also, man stellt sich auf den äußeren Umfang der Scheibe, lässt sich und Scheibe drehen und versucht durch geradlinigen Wurf der roten Taschenlampe auf das Zentrum der Drehscheibe dieses zu treffen. Bin gespannt, was dabei herauskommt.

Zurück ins All. Die vom Geberstern abgezogene Materie, dessen Gas, sammelt sich also in dieser Scheibe. Wo der Gasstrom auf diese Scheibe trifft, ist es warm, dort befindet sich der "Hot Spot". Den kann man in Lichtkurven dann auch sehen, wie er auf der Scheibe sich mit dieser drehend um den Weißen Zwerg bewegt. Eine solche Scheibe ist das gemeinsame Merkmal fast aller Zwergnovae. Fast, weil manche Weiße Zwerge ein solch starkes Magnetfeld haben, dass das vom Geberstern in einem Faden heranströmende ionisierte (weil heiße Gas) vom Magnetfeld ergriffen wird, bevor es überhaupt auf die Idee kommen kann, eine Akkretionsscheibe bilden zu wollen. Entlang der Magnetfeldlinien wird es dann auf die Magnetpole des magnetischen Weißen Zwergs geführt. Weil die Scheibe fehlt, gibt es auf ihr auch keinen "Heißen Fleck". Und eine solche Zwergnova wird dann "polar" genannt.

Wenn aber ein Weißer Zwerg kein so starkes Magnetfeld hat, sondern nur ein schwaches, was dann? Hätten wir einen Experimentierkasten mit einer Minizwergnova und könnten an einem Knopf das Magnetfeld des Weißen Zwergs langsam steigern (das geht bestimmt auch virtuell), was passierte dann? Würde es urplötzlich bei Überschreiten eines kritischen Wertes der magnetischen Feldstärke einen Knall geben und alles Gas flösse direkt zum Weißen Zwerg? Vermutlich wird es einen Übergang zwischen beiden Extremen geben: einen Zustand zwischen Zwergnova mit Akkretionsscheibe und Zwergnova ohne eine solche Scheibe.

Und AE Aqr ist ein solches Doppelsternsystem in der Mitte zwischen beiden Zuständen, ein "intermediate polar". Wie sieht ein solcher aus?

Nun, weit draußen dürfte der Einfluss des nicht ganz so starken Magnetfeldes vom Weißen Zwerg gering sein. Es bildet sich also eine Akkretionsscheibe, und wir sehen wieder unseren "Heißen Fleck". Wir wandern mit dem Gas durch die Scheibe, alles ganz normal. Es wird warm, das Gas drängelt sich ja in der schmalen Scheibe. Wenn wir lange genug bleiben, könnten wir auch Instabilitäten der Scheibe erleben, sie könnte einen Ausbruch erleiden. Bei Zwergnovae mit Scheiben kann das vom inneren Rand oder vom äußeren Rand geschehen. Diese beiden Ausbruchsarten dürften also

unterschiedlich aussehen. Vielleicht schauen wir das aber besser von der Erde an, dürfte gesünder sein ...

Wie bekommen wir das denn mit? Wir könnten uns "unseren" oder "unsere" Zwergnovae jede mögliche Nacht kurz anschauen, wenn diese auf einmal ungewöhnlich hell ist, dann haben wir einen Ausbruch ("outburst"). Wir können uns aber auch auf BAV und AAVSO verlassen, die uns mit Alarmmeldungen versorgen. Dann erleben wir allerdings nicht das tolle Gefühl, selber etwas entdeckt zu haben.

Aber zurück ins All. Wir sind langsam durch die Scheibe im Ruhezustand immer näher nach innen gerutscht und sehen jetzt plötzlich den Weißen Zwerg vor uns: der Innenrand der Scheibe, deren inneres Ende ist erreicht. Kurz können wir uns an diesen Anblick erfreuen, gerne würden wir ja weiter nach innen spiralen. Aber jetzt ist der Spaß vorbei, wir werden vom Magnetfeld des nahen Weißen Zwerg erfasst, hoch geschleudert und in rasantem Flug auf einem seiner beiden Magnetpole gelenkt und schlagen dann mit voller Wucht auf dessen Oberfläche auf, wieder ungesund.

Gesünder ist es dann doch, auf die Erde zurück zu kehren und die Pressemitteilung des Goddard Space Flight Center vom 05.01.08 zu lesen:

Japanische Wissenschaftler hatten entdeckt, dass AE Aqr wie ein Pulsar (Neutronenstern) Röntgenstrahlung aussendet. Typischerweise fehlt Weißen Zwergen die Energie. Die Ursache für dieses ungewöhnliche Verhalten beim Weißen Zwerg von AE Aqr wird in seiner extrem hohen Rotationsgeschwindigkeit gesehen. Wie oben bereits erwähnt, dreht sich die Primärkomponente in 33 s um sich selber. Dadurch entsteht das starke Magnetfeld, dieses fängt das vom Geberstern abgezogene Gas ein und stößt einen Teil mit nahezu Lichtgeschwindigkeit wieder aus. Dabei entsteht Röntgenstrahlung.

Und da (so stelle ich mir das vor) die Rotationsachse vom Weißen Zwerg zur Achse seines Magnetfelds wie bei Pulsaren geneigt ist, schaut immer wieder einer seiner beiden Magnetpole zu uns herüber. Damit verhält sich AE Aqr wie ein Pulsar, nur sendet er keine Radiostrahlung aus, sondern unsere Röntgensatelliten empfangen von ihm eine periodische Folge von Röntgenpulsen.

Weißer Zwerge wie AE Aqr könnten also "stille Teilchenbeschleuniger" sein, die viel zur Entstehung niederenergetischer kosmischer Strahlung in unserer Galaxie beitragen. Und so ist AE Aqr für die Fachastronomen besonders interessant.

Damit ist unsere Reise durch Literatur und Akkretionsscheibe beendet. AE Aqr ist also besonders interessant, und wir sollten versuchen, von ihm mit unserer CCD-Kamera einen Lichtwechsel nachzuweisen. Es muss ja nicht die Rotationsperiode von nur 33 s sein, obwohl diese mich doch reizen würde ...